

Dagvattenhantering

— Förslag på fördröjande och renande åtgärder för torgmiljöer i stenstaden

Sustainable storm water management

- Suggestions for delaying and purifying water in an open space in the city

Martin Lennernäs



Självständigt arbete • 15 hp

Landskapsingenjörsprogrammet

Alnarp 2017

Dagvattenhantering

— Förslag på fördröjande och renande åtgärder för torgmiljöer i stenstaden

Sustainable storm water management

- Suggestions for delaying and purifying water in an open space in the city

Lennernäs Martin

Handledare: Eva-Lou Gustafsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete i landskapsarkitektur för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0793

Program: Landskapsingenjörsprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Martin Lennernäs. Egen illustration.

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Biofilter, dagvattenhantering, regnbädd, klimatanpassning, avrinning, regn, översvämning, översvämningsrisk, fördröjning, stenstad

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Eftersom jag läste in landskapsingenjörsprogrammet på två år vill jag börja med att tacka alla som visat förståelse och gett mig uppmuntran när jag tackat nej till saker, med hänvisning till att jag ska ut till Alnarp. Jag vill tacka alla som väljer att inrikta sig mot den typ av studier som bedrivs på SLU för att ni bestämt er för att ägna ert yrkesliv åt att skapa en bättre värld med bättre levnadsförhållanden, inte bara för människor utan även för djur och övrig natur. Jag vill tacka min blivande arbetsgivare WSP, att se fram emot att få börja jobba hos er har varit en morot. Jag vill tacka min handledare Eva-Lou Gustafsson för gott stöd och goda insikter under uppsatsens gång. Jag vill tacka samtliga anställda på SLU för den forskning och undervisning ni bedriver, den gör skillnad. Jag vill tacka min roliga klass för två fina år tillsammans. Jag hoppas ni alla hittar en roll som passar er i yrkeslivet.

Jag vill också tacka min familj för att ni trodde på mig när jag sa upp mig från jobbet för att börja plugga igen med målet att jobba med uppgifter som är väldigt roliga och som jag finner en djup mening i.

Sammanfattning

Tänk om vi kunde designa städer så att de materiella skadorna vid extrema skyfall blev mindre? Tänk om vi kunde designa städer så att färre äldre dog vid värmeböljor? Tänk om vi kunde designa städer så att vi skapade fler livsmiljöer för djur innanför staden och förstörde färre livsmiljöer för djur utanför staden? Tänk om vi kunde designa städer som var mer estetiskt tilltalande, innehöll fler tilltalande mötesplatser och hade ett behagligare sommarklimat?

Urbanisering är en global trend som påverkar utformningen av stadsmiljöer. Det finns ekonomiska och ekologiska fördelar med att förtäta städer. Människor kan ta sig fram till fots och på cykel istället för att vara beroende av bil eller kollektivtrafik. Värdefull natur utanför staden kan sparas istället för att exploateras och ofta finns kostsamma investeringar i infrastruktur redan på plats. Förtätningen skapar också utmaningar. Andelen grönyta i människors närområde riskerar att minska på bekostnad av en ökad andel hårdgjorda ytor. Förhöjda översvämningsrisker och ett varmare stadsklimat är exempel på två konsekvenser. Samtidigt ger ett större befolkningsunderlag per ytenhet ett större underlag som kan finansiera grön-blå lösningar som kommer samhällsmedborgarna och naturen till gagn.

I detta examensarbete tittar jag närmare på hur vi i en torgmiljö i stenstaden kan efterlikna naturen för att minska de negativa effekterna av de kraftiga skyfall som spås bli allt vanligare och de skyfallsrelaterade utmaningar som förtätning medför. Baserat på en litteraturstudie om frågor relaterade till regn och dagvattenhantering analyserar jag en torgmiljö i Malmö. Baserat på analysen skapar jag förslag på lösningar för att fördröja dagvattnet nära källan. Detta torg är S:t Knuts Torg i Malmö. Dagvattenhantering för minskad översvämningsrisk och minskad belastning på recipienten är uppsatsens fokus men hänsyn tas även till de andra fördelar som grön-blå strukturer medför.

Resultatet visar att det finns goda möjligheter att hantera dagvatten på ett sätt som kombinerar olika typer av värden såsom renare vatten till recipienten, minskad risk för översvämnning inne i städerna, minskat tryck på befintliga VA-system och ett behagligare stadsklimat. Förutsättningarna för att lyckas beror både på naturvetenskapliga, tekniska och organisatoriska aspekter.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	2
1.1	Bakgrund.....	2
1.2	Syfte och mål	2
1.3	Frågeställningar	3
1.4	Avgränsningar	3
1.5	Metod och material	3
1.5.1	Filosofisk utgångspunkt	3
1.5.2	Kvalitativ och kvantitativ metod	4
1.5.3	Behandling av osäkerhetsfaktorer	4
1.5.4	Källsök	5
2.	Litteraturstudie	6
2.1	Sol, vind, vatten och jord	6
2.1.1	Regnintensitet, avrinningsteori och faktorer som påverkar dagvattnets avrinning	6
2.1.2	Vattnets kretslopp	9
2.1.3	Infiltration och jordegenskaper	10
2.1.4	Vinterns påverkan	12
2.2	Trender och mål	12
2.2.1	Förtätningstrender	12
2.2.2	Vädertrender	12
2.2.3	Miljömål och planer	15
2.2.4	Utmaningar och ändrad syn på dagvattenhantering	16
2.3	Ekosystemtjänster	17
2.3.1	Gröna strukturer	17
2.3.2	Blåstrukturer	18
2.3.3	Klassificering av ekosystemtjänst	19
2.4	Metoder för fördröjning och rening av dagvatten	19
2.4.1	Gröna tak	19
2.4.2	Stuprörsutkastare och rännalar	19
2.4.3	Infiltrationsytor	19
2.4.3.1	Genomsläpplig beläggning.....	19
2.4.3.2	Regnbäddar/biofilter	19
2.4.4	Perkolationsmagasin	23
2.4.5	Skelettjordar	23

2.4.6	Diken	24
2.4.6.1	Svackdiken	24
2.4.6.2	Makadamfyllda diken	24
2.4.7	Dagvattendammar	24
2.4.8	Våtmarker	24
2.4.9	Multifunktionella ytor	24
2.4.10	Underjordiska fördröjningsmagasin	25
2.4.11	Sammanfattning	26
2.5	Beräkningsmetoder	26
2.5.1	Rationella metoden	26
2.5.2	Avrinningskoefficient	27
2.5.3	Regnvelopmetoden	28
2.5.4	LAR-Potentiale	30
3	Platsbesök och experiment	32
3.1	Sankt Knuts torg	32
3.1.2	Avrinningskoefficienter	33
3.1.3	Platsbesök	33
3.2	Regnbäddarna vid Monbijougatan	38
3.2.2	Platsbesök	38
3.3	Experiment	41
3.4	Regnbäddarna vid Islandsgatan i Uppsala	45
3.4.1	Platsbesök	45
3.5	Konstruktionskommentarer angående inlopp	48
4	Dimensionering av regnbäddar	50
4.1	Regnvelopmetoden	50
4.1.1	Beräkning ett:	51
4.1.2	Beräkning två:	52
4.1.3	Beräkning tre:	53
4.1.4	Beräkning fyra:	54
4.1.5	Beräkning fem:	55
4.2	Dimensionering av regnbäddar med LAR-Potentiale	56
4.2.1	Beräkning ett:	57
4.2.2	Beräkning två:	58
4.2.3	Beräkning tre:	59
4.3	Beräkning av kapacitet som översvämningszon vid extremregn	60
4.4	Generella kommentarer till beräkningarna	61

5	Lösningsförslag och illustrationer	62
5.1	Plan	62
5.2	Perspektiv.....	64
6	Diskussion	69
6.1	Frågeställningar	69
6.2	Begränsningar i metodvalet	72
6.3	Avslutande reflektioner	73
7	Referenser	75

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I framtidens klimat förväntas riskerna för skyfall och översvämningar att öka (MSB, 2016, s. 7). Enligt Persson & Smith (2014, s. 7) har vi parallellt med en urbaniseringstrend en trend att många städer har som mål att växa samtidigt som de vill bevara värdefulla miljöer utanför staden. Som exempel nämns den åkermark som omger Malmö. En konsekvens av detta blir att staden växer genom att förtätas med en ökad andel hårdgjorda ytor som följd. Enligt Persson & Smith (s. 43) kan stora variationer i nederbörd, i kombination med den höga andelen hårdgjorda ytor och det överbelastade systemet för dagvattenhantering, få stora konsekvenser.

Enligt Arnell (1980, s. 4) karaktiseras naturliga avrinningsområden av långsamma avrinningsförlopp, små flödestoppar och magasinering av vatten i mark- och grundvattenmagasin. Summan av den totala evotranspirationen, avdunstningen från ytor såsom mark och vattendrag samt växters avgivande av vattenånga, är hög. Den naturliga vegetationen skapar förutsättningar för infiltration och ytavrinning förekommer i princip inte. Det är enligt Arnell den långsamma avtappningen i mark- och grundvattenmagasinen som leder till avrinningen i vattendragen.

Urbana avrinningsområden karakteriseras enligt Arnell (s. 4-5) av snabbare avrinningsförlopp. Som en konsekvens av den höga andelen hårdgjorda ytor är infiltrationen och evotranspirationen mindre än i naturmark. De långsamma naturliga avrinningssystemen har enligt Arnell (s. 5) ersatts av snabb avrinning i form av brunnar, rännor och rännstenar. Den snabba avrinningen kan, utöver en ökad koncentration av miljögifter i recipienten (den slutliga mottagaren av vattnet, exempelvis en sjö), enligt Svenskt Vatten AB (2016, s. 29) också leda till erosionproblem i känsliga recipienter.

Enligt MSB (2013, s. 10) måste hänsyn tas till både varaktighet och intensitet när konsekvenser av regn över tätortsmiljöer estimeras. Avrinningskapaciteten avgör om regnet kommer orsaka problem för VA-systemen. Skadorna som häftiga regn kan skapa kan enligt MSB (s. 20) delas upp i flera olika kategorier. Exempelvis skador på byggnader, ekologiska förluster och utryckningskostnader. Enligt Svenskt Vatten AB (2016, s. 25) är det både tekniskt och ekonomiskt realistiskt att basera skyfallshanteringen på slutna rörsystem. Förutsättningar för att skapa kontrollerade översvämningsytor bör skapas som ett komplement till dagvattensystemen.

1.2 Syfte och mål

Syftet med uppsatsen är att visa på hur dagvatten kan hanteras med hjälp av regnbäddar och multifunktionella ytor i stenstaden. Jag har specifikt valt att inrikta mig mot en torgmiljö. Torg är mötespunkter i staden och att polarisera dagvattenhanteringen till urbana torgmiljöer kan skapa mervärden i form av attraktiva stadsmiljöer och en starkare blå-grön struktur samtidigt som skötselinsatser knutna till regnbäddar förläggs till samlade platser.

Genom litteraturstudier är målet med uppsatsen att skapa en överblick över varför fördröjande och renande av dagvatten är relevant. Målet är också att skapa relevans för

regnbäddar som metod för att hantera dagvatten i staden genom att beskriva olika metoder för att fördröja dagvatten nära källan. Målet är också att räkna på samt gestalta förslag för användande av regnbäddar och multifunktionella ytor som fördröjande och renande åtgärder för ett torg i Malmö.

1.3 Frågeställningar

- Hur kan en lösning för att fördröja och rena dagvatten vid en torgmiljö i stenstaden se ut?
- Hur stora volymer kan lösningarna hantera, både mätt i absolut volym och som regn med varaktighet och återkomsttid?
- Vilka effekter innan- och utanför staden kan lösningarna ha för människor, infrastruktur, vattenkvalitet och biologisk mångfald?
- Vilka faktorer påverkar regnbäddarnas kapacitet?
- Vilka hinder och möjligheter finns för en lyckad dagvattenhanteringsimplementation?

1.4 Avgränsningar

För exakta beräkningar av exempelvis flöden, avdunstning, rinntider, läckage in i VA-systemet, anpassning för igensättning och hur stora volymer VA-systemet kan ta emot vid olika regnscenarion behövs avancerade datormodeller. Jag kommer använda mig av enklare metoder för manuella estimat. Dessa är lämpliga att använda i ett tidigt idéstadie. Efter kontakt med olika ledningsägare framgick att ledningsdata inte kan publiceras utan tillstånd. Eftersom det inte påverkar uppsatsens syfte kommer jag att bortse ifrån de ledningsnät som finns under jord idag och annan teknisk infrastruktur som kan vara ett problem för lösningsförslaget. Mitt förslag är inte ett omprojekteringsförslag baserat på nuvarande förutsättningar utan har ett pedagogiskt syfte som kan ligga som inspiration för framtida nyprojektering på andra platser. Jag kommer inte att titta närmare på platsens höjdsättning eftersom det är principen jag vill inte illustrera, inte undersöka om principen fungerar för omprojektering på den valda platsen. Jag kommer att bortse från eventuella möjligheter att avleda dagvatten med hjälp av terrassen och utgå ifrån att allt vatten slutligen avleds via VA-systemet. Jag kommer inte inom ramen för examensarbetet utföra konsekvensanalyser av vad olika dagvattenhanteringslösningar skapar för för- och nackdelar gällande exempelvis sedimenthanteringen eller redogöra för kostnader eller alternativkostnader för olika lösningar. Jag kommer inte heller titta på handlingar för besökta referensobjekt för att försöka röna ut om eventuella brister som upptäcks beror på felaktig projektering, felaktig skötsel, bristande underhåll eller annat. Inte heller kommer hänsyn att tas till olika typer av växtlighets påverkan på lösningarna.

1.5 Metod och material

1.5.1 Filosofisk utgångspunkt

Min uppsats har ett abduktivt angreppssätt för att härleda slutsatser. Enligt Alvesson & Skoldberg (2009, s. 3) görs skillnader ofta mellan induktiva och deduktiva förfaringssätt. Ett induktivt förfaringssätt utgår ifrån ett antal fall och drar slutsatser från dessa. En sanning skapas utifrån ett begränsat antal fall. Som min litteraturstudie kommer visa påverkas regnbäddar av en rad olika faktorer som ofta är platsspecifika. Därför fann jag en induktiv

metod olämplig eftersom en sanning riskerar att skapas utifrån en kontext som skiljer sig från den som är fallet för min studie. Generella slutsatser om regnbäddar vill jag inte dra baserat på slutsatser om regnbäddar i Kalifornien eller Köpenhamn.

Ett deduktivt förhållningssätt präglas enligt Alvesson & Sköldberg (s. 3) av att den utgår ifrån att vissa regler förklarar vissa fall. Jag fann ett deduktivt förhållningssätt olämpligt eftersom jag anser att det finns en risk att teoretiska förklaringar nödvändigtvis inte förklarar varför något fungerar eller inte fungerar på en plats. Om exempelvis en jord med en viss hydraulisk konduktivitet i teorin är tillräckligt genomsläpplig för vissa vattenvolymer innebär inte det att den är det i verkligheten på en plats där regnmönstren skiljer sig åt och saltning förekommer som på sikt påverkar jordens struktur.

Mitt förhållningssätt är vad Alvesson & Sköldberg (s. 4) kallar abduktivt. Jag kombinerar empiriska studier om regnbäddar med teoretiska förkunskaper. Min metodik för att inhämta kunskap blir en kombination av slutsatser från empiriska studier om regnbäddar, platsbesök samt teoretiska kunskaper om regn, jordar och annat relevant.

1.5.2 Kvalitativ och kvantitativ metod

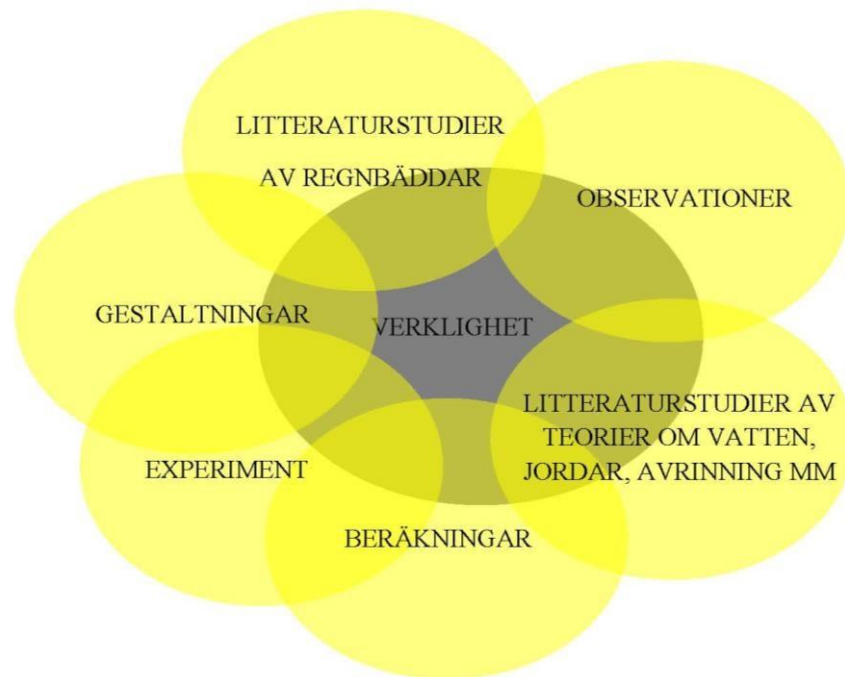
Min metod är i huvudsak kvantitativ (Alvesson & Sköldberg, 2009, s. 7-8). Min studie utgår ifrån de data och den forskning som jag baserat på litteraturstudier anser vara relevant för ämnet. Graden av osäkerhet jag sätter till de data som behandlas i uppsatsen varierar. Exempelvis kommer regndatan från mångåriga observationer, data som varit tillgänglig för granskning i många år. Datan kan anses tillförlitlig och statistiskt signifikant. De modeller som används för estimering är däremot enkla och har en hög grad av osäkerhet.

1.5.3 Behandling av osäkerhetsfaktorer

I mina litteraturstudier framkom att regnbäddar är ett relativt nytt fenomen i Sverige och att de beräkningsmodeller som fanns är av enklare slag med en hög osäkerhetsfaktor. Alvesson & Sköldberg (2009, s. 86) nämner triangulering som en metod för att hantera osäkerheter. Det innebär att flera metoder kombineras för att förbättra underlaget för bedömning.

De metoder jag kombinerar är litteraturstudier om befintliga regnbäddar och litteraturstudier om teorier som rör avrinning, jordar, regn med mera. Sedan använder jag en dansk modell, LAR-Potentiale, för beräkning av regnbäddsvolym. Skaparna av modellen är medvetna om att det är en förenklad modell som de anser vara lämplig i ett tidigt byggprocessstadium. Jag gör även en egen beräkning med en modell som kallas Regnenvolymmetoden. I mina beräkningar har jag exkluderat påverkan från vissa faktorer som inte är aktuella för platsen. Jag har även av förenklingsskäl standardiserat tiden för avtappning från växtbädden, en tid som egentligen varierar. Felmarginalen som uppstår av dessa val är okänd. Utöver de ovan angivna metoderna gör jag platsbesök vid både det aktuella torget, vid regnbäddar belägna några hundra meter från det aktuella torget och vid regnbäddar med en annan konstruktion i Uppsala. För att testa regnbäddarnas funktion i ett moment som inte beskrivs av litteraturen utförs ett experiment. Även gestaltningen är en del av metoden eftersom gestaltningen väcker frågor och tankar som slussar mig tillbaka till teori- och litteraturstudier. Min metod, som kan beskrivas som iterativ eftersom jag återupprepar vissa moment allt eftersom ny kunskap tillkommer, illustreras i figur 1 nedan

där de gula cirkarna symboliserar ficklampor som från olika håll lyser upp den inte helt kompletta verklighetsbilden.



Figur 1. Min metod. Källa: Egen illustration.

Även om min egen beräkningsmodell och modellen LAR-Potentiale är osäkra så har de flera fördelar. Beräkningsmodellerna tillåter teoretiska test av data för att se om det ger ungefär samma resultat som tidigare observationer av regnbäddar, exempelvis hur stort avvattningsområdet bör vara i relation till regnbäddarna. Beräkningsmodellerna möjliggör laboration med olika typer av indata vilket ger möjlighet att testa modellens korrelation med teori. I litteraturstudien framgår att både regnbäddens yta och jordens genomsläpplighet påverkar volymen som kan hanteras men genom att laborera med olika modeller kan vi skapa oss en uppfattning om i vilken utsträckning olika faktorer kan påverka.

1.5.4 Källsök

Mina källor kommer ifrån kursmaterial som jag tidigare stött på under utbildningen vid SLU, andra arbetens källor, sökningar via Google och sökningar via SLUs databassöktjänst Primo. Sökord som använts är regnbäddar, rain gardens, vatten, dagvatten, porositet, lokalt omhändertagande av dagvatten, dagvattenstrategi, förorenat dagvatten, first flush, växtbäddar, dammar, nederbörd, regnintensitet, regndata och nederbördsdata.

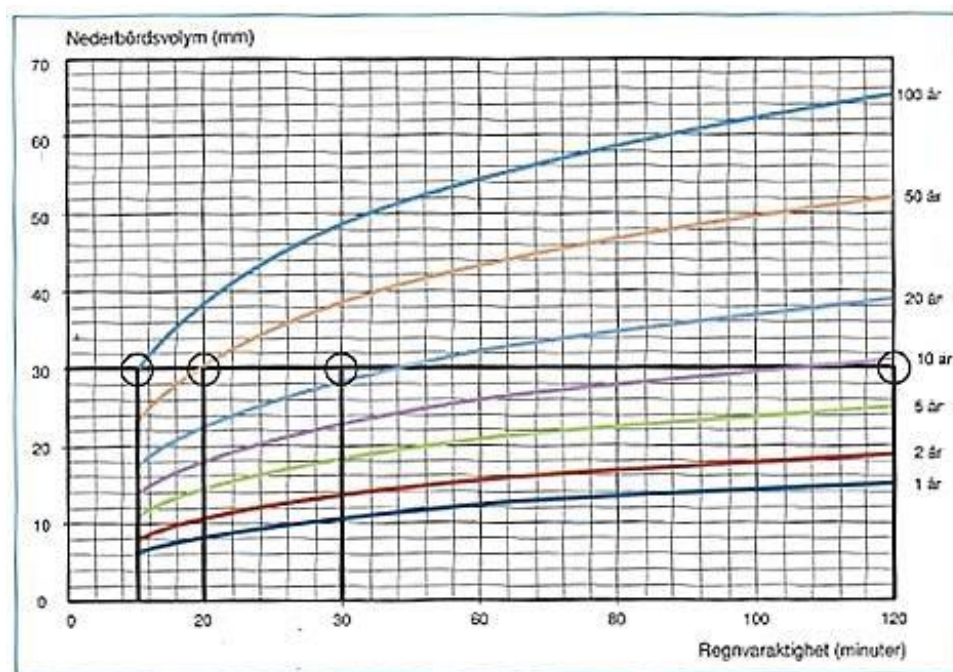
2. Litteraturstudie

2.1 Sol, vind, vatten och jord

2.1.1 Regnintensitet, avrinningsteori och faktorer som påverkar dagvattnets avrinning

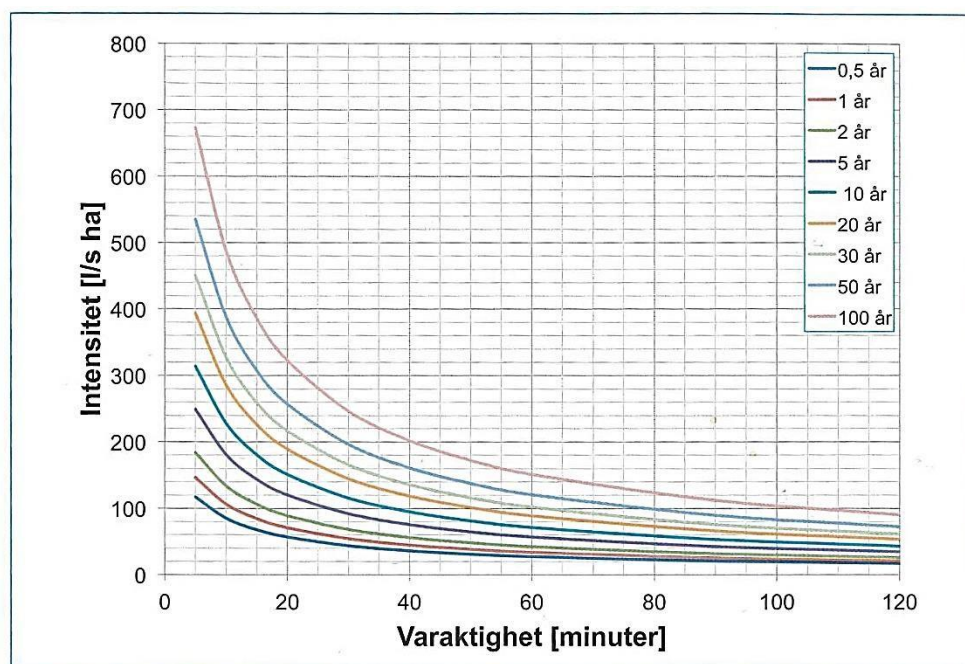
Svenskt Vatten AB (2016, s.36) anger att regnintensitet (l/s och ha), markytans storlek (ha) och markytans avrinningskoefficient (andel vatten som rinner av) är de grundläggande parametrarna som styr dagvattenflödenas storlek. Svenskt Vatten AB (s. 32-34) anger att vald säkerhetsnivå för att något ska inträffa anges av begreppet återkomsttid. En längre återkomsttid innebär att händelsen kommer att inträffa mer sällan. Återkomsttiden för regn baseras på standardiserade analyser av historiska regnhändelser. Datan är osäkrare för längre återkomsttider. Vad gäller olika säkerhetsnivåer påverkas återkomsttiden av åtgärder inom avrinningsområdet. En stor andel hårdgjorda ytor utan fördröjning har en kortare återkomsttid än en yta där fördröjande åtgärder vidtagits.

Svenskt Vatten AB (s. 34) anger att det är mycket viktigt att ta hänsyn till varaktighet vid jämförelser av olika regn. Givet samma regnvolymer har ett kortare intensivare regn högre återkomsttid jämfört med ett längre och lågintensivare, se figur 2.



Figur 2. Nederbördsvolym, varaktighet och återkomsttid. Källa: Svenskt Vatten AB (2016, s. 34)

De flesta regntillfällena är enligt Svenskt Vatten AB (2016, s.28) volymmässigt små och med låg intensitet. Det innebär att recipienten kan avlastas från förorenat dagvatten eftersom en stor andel av årsvolymer kan hanteras lokalt även med måttliga krav på fördröjning. Figur 3 visar ett diagram för intensitet och varaktighet för regn med olika återkomsttid.



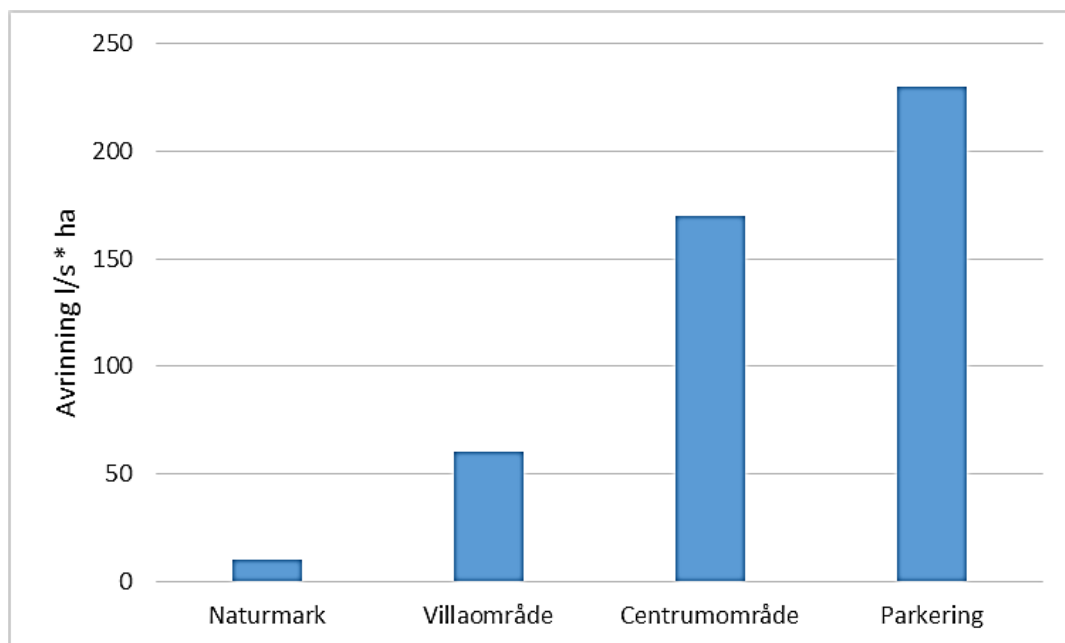
Figur 3. Sambandet mellan intensitet, varaktighet och återkomsttid. Källa: Svenskt Vatten AB (2016, s.35)

Enligt Svenskt Vatten AB (2016, s.130) fördelar sig blockregnsvaraktigheter på 5-120 minuter för Malmö, där S:t Knuts Torg ligger, enligt tabell 1. Statistiken baseras på nederbördsdata från 90 stationsår.

Tabell 1. Blockregnsdata för Malmö. X-axeln anger varaktighet i minuter och y-axeln anger återkomsttid i år. Regnintensiteterna presenteras i liter per sekund per hektar. Källa: Egen sammanställning från Svenskt Vatten AB (2016, s. 130)

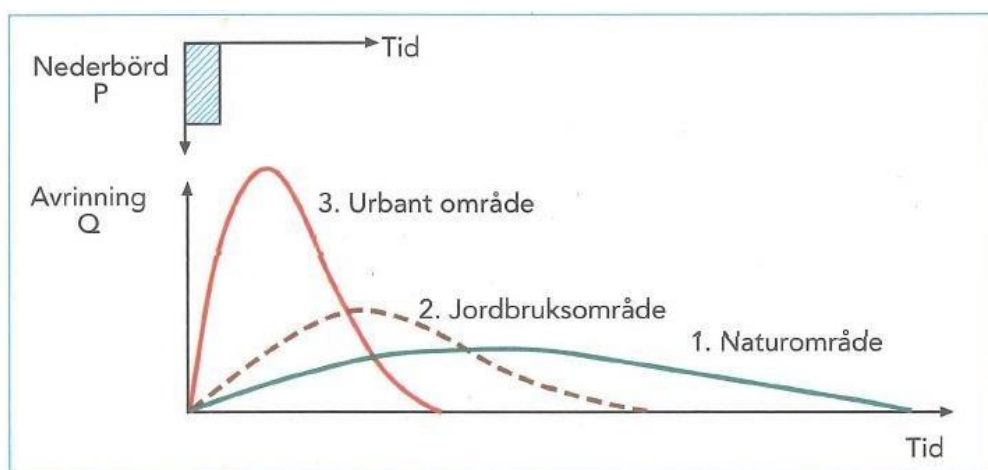
Återkomsttid, år	5	10	15	20	30	40	50	60	90	120
0,5	110,7	78,4	62,5	52,6	40,9	33,9	29,5	26,4	20,4	17,0
1	144,1	102,2	81,6	68,7	53,2	43,9	38,0	33,8	25,8	21,3
2	183,4	130,7	104,5	88,1	68,1	56,0	48,2	42,9	32,4	26,3
5	247,3	177,3	142,3	120,4	93,2	76,2	65,4	58,0	43,0	34,5
10	306,8	221,0	178,0	151,1	117,2	95,7	81,8	72,4	53,1	42,0
20	378,0	273,8	221,3	188,6	146,7	119,5	102,0	90,1	65,3	51,1
50	494,4	360,7	293,1	251,3	196,3	159,7	135,8	119,8	85,4	65,7
100	602,3	442,3	360,9	311,0	243,9	198,3	168,1	148,2	104,3	79,3

Figur 4 visar hur vattenavrinningen i liter per sekund per hektar påverkas av exploateringsgraden och typ av exploatering.



Figur 4. Avrinningsförlopp baserat på exploatering utan fördröjande åtgärder. Källa: Egen tabell ungefärligt baserad på Svenskt Vatten AB (2016, s. 37)

Enligt Svenskt Vatten AB (2011, s.14) präglas avrinning inom urbana områden av höga flöden under korta tidsintervall enligt figur 5. Detta står i kontrast till naturområden där avrinningen förblir låg men utdragen. Det är enligt Svenskt Vatten AB (s. 14) oftast inte möjligt att med hjälp av öppen dagvattenhantering nå ett scenario där den urbana miljöns avrinning följer samma avrinningskurva som naturområden. Ambitionen måste dock vara att efterlikna kurvan i så hög grad som möjligt.

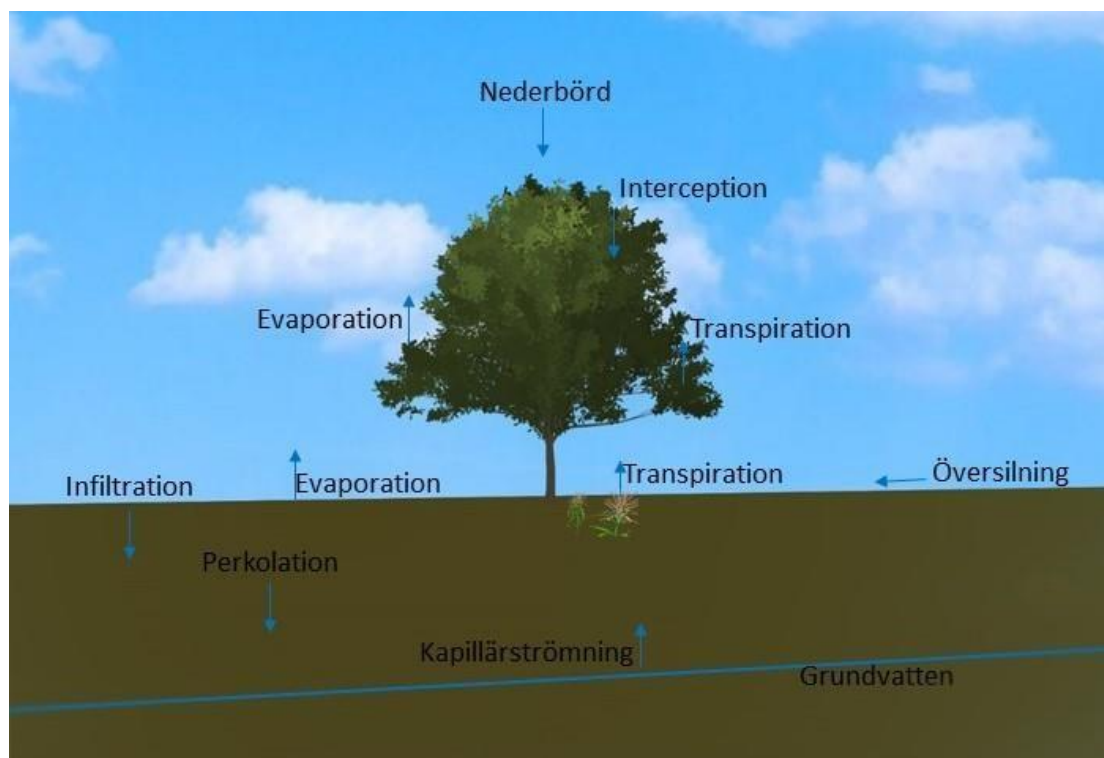


Figur 5. Avrinning i urbana områden, jordbruksområden och naturområden. Källa: Svenskt Vatten AB (2011, s.14)

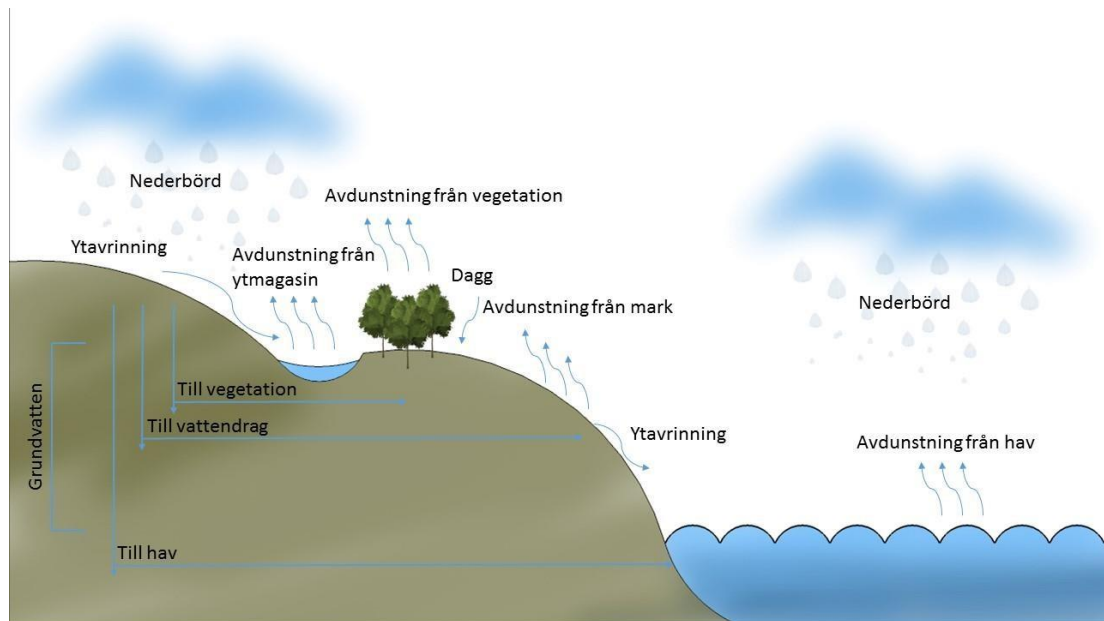
Att öka dimensionerna på ledningar som är markförlagda ger enligt Svenskt Vatten AB (2016, s. 38) måttliga kapacitetsökningar jämfört med de flöden som ytliga avledningssystem kan hantera.

2.1.2 Vattnets kretslopp

Figur 6 och 7 visar alternativa vägar för nederbörden att ta vägen. Interception innebär enligt Sjöman & Slagstedt (2015, s. 283) att vatten hindras från att nå marken genom att det fångas upp av trädets löv- och grenverk. Därifrån sker avdunstning. Interception i en tät barrskog kan enligt Sjöman & Slagstedt (s. 285) uppgå till 60% av årsnederbörden. För lövfällande träd är interceptionen lägre vintertid av naturliga skäl eftersom lövverk saknas. Evaporation, avdunstning, kan ske från platser där vattnet inte infiltrerat marken och transpiration är växternas avgivande av vattenånga genom klyvöppningarna.

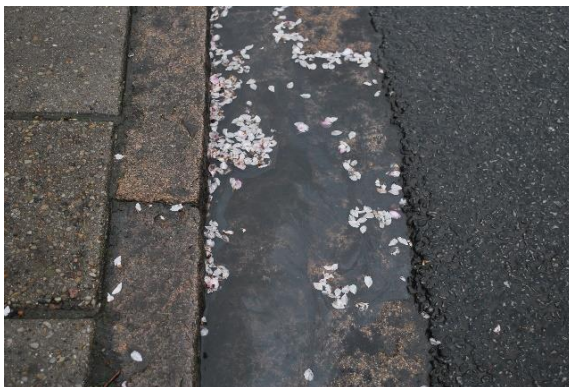


Figur 6. Illustration av interception, transpiration, infiltration och evaporation. Källa: Egen illustration baserad på Svenskt Vatten AB (2016, s.113)



Figur 7. Vattnets kretslopp. Källa: Egen illustration baserad på Svenskt Vatten AB (2011, s. 14).

Enligt Svenskt Vatten AB (2011, s. 14) ser vattnets kretslopp i opåverkad naturmark ut enligt figur 7 ovan. Figur 8 visar exempel på regnvatten som i stadsmiljö som samlat på sig olja och figur 9 visar exempel på djurliv i recipienten.



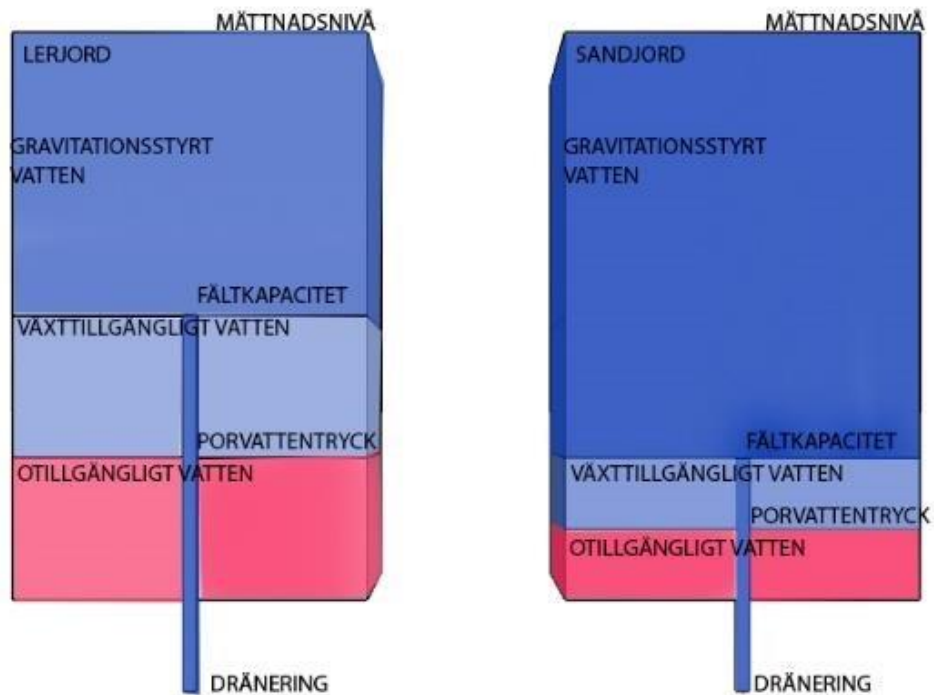
Figur 8. Oljigt vatten, kanske på väg till recipienten.
Foto taget 2017-04-12



Figur 9. Svan med ungar i recipienten.
Foto taget 2017-05-25

2.1.3 Infiltration och jordegenskaper

Jordar består enligt Ashman & Puri (2002, s. 38) av porer med varierande storlekar. Porstorleken är viktig eftersom den avgör jordens förmåga att transportera och binda vatten. En grov indelning av jordar kan göras i macro-, meso- och microporer. Macroporer tillåter en snabb transport av vatten och gas, mesoporer kan hålla vatten i en kraft som motverkar gravitationen medan microporer kan binda vatten så hårt att växterna inte kan tillgodogöra sig vattnet. När jordar har varierande porstorlekar kommer en kombination av hur porerna relaterar till varandra och bredden av kornstorlekar att avgöra jordens egenskaper. För illustration av hur jordkompositionen kan påverka vattnets egenskaper i jorden, se figur 10.



Figur 10. Illustration av vatten påverkat av gravitation, växttillgängligt vatten och otillgängligt vatten i en ler- och en sandjord. Källa: Egen illustration baserad på Ashman & Puri (2002, s. 43)

Ashman & Puri (s. 39-40) anger att jordens hydrauliska konduktivitet, markens vattengenomsläpplighet, avgör hur snabbt vatten kan infiltrera genom en jord. Vattenflödet påverkas av två motverkande krafter – trycket som vattnet skapar mot vattenfronten och motståndet mot vattenflödet som jordens partiklar skapar. Kompositionen av porer, hur de är relaterade till varandra och hur vattenfylld jorden är påverkar motståndet.

Lindfors et. al (2014, s.47) rekommenderar jordegenskaper enligt tabell 2 nedan för regnbäddar.

Tabell 2. Rekommenderade jordegenskaper för regnbädd. Källa: Lindfors et. al (2014, s. 47)

Fysiska egenskaper	Rekommendation
Total porositet	> 50 %
Luftfylld porositet (50 cm tension)	> 10 %
Vattenfylld porositet (50 cm tension)	> 40 %
Mättad hydraulisk konduktivitet	75 - 300 mm/h
Mullhalt (planteringar)	5-9 %
Mullhalt (gräsytor)	3-5 %

2.1.4 Vinterns påverkan

Enligt Fridell & Jergmo (2015, s.8) finns det på grund av den relativt korta historiken av regnbäddar begränsad information om hur dessa fungerar under vintern. Ett grövre filtermaterial löper enligt Fridell & Jergmo (s.8) mindre risk att frysa, men nackdelen är att en snabbare genomströmning kan ha en dämpande reningseffekt. Reningen av suspenderade partiklar och metaller är fortfarande god vintertid. Däremot hämmas rening av fosfor och kväve.

Enligt Sjöman & Slagstedt (2015, s.305) har salt, vilket ofta används vintertid vid halkbekämpning, flera negativa effekter på växtbäddar och dess vegetation. Aggregerade jordar, exempelvis lerjordar, kan få strukturen förstörd vilket påverkar porstruktur och marksyre. Även vegetationen kan skadas på flera olika sätt eller dö.

2.2 Trender och mål

2.2.1 Förtätningstrender

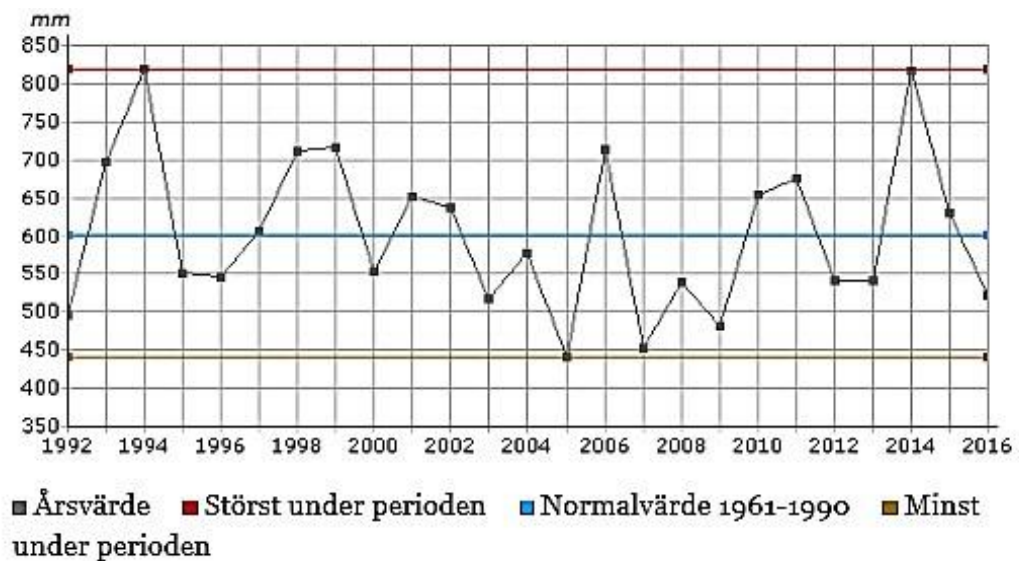
Enligt Boverket (2016, s. 6-7) förtätar vi städerna av flera olika anledningar. En tätare stad sparar värdefull mark utanför staden, förkortar utsläppen förknippade med resor, ger ett ökat service- och tjänsteutbud samt länkar ihop flera delar av staden. Den täta och intensiva staden, som är fylld av mötesplatser, gör staden attraktivare. Andra anledningar till att vi förtätar, enligt Boverket, är att befolkningen ökar kraftigt i våra städer och att bostadsbristen i större städer är omfattande.

Förtätningen skapar också utmaningar (Boverket, 2016, s. 20). Bebyggda grönytor och dagvattenhantering nämns som några. Grönska kan spela en central roll för klimatsmarta städer som vill avlasta VA-systemen från att hantera dagvatten.

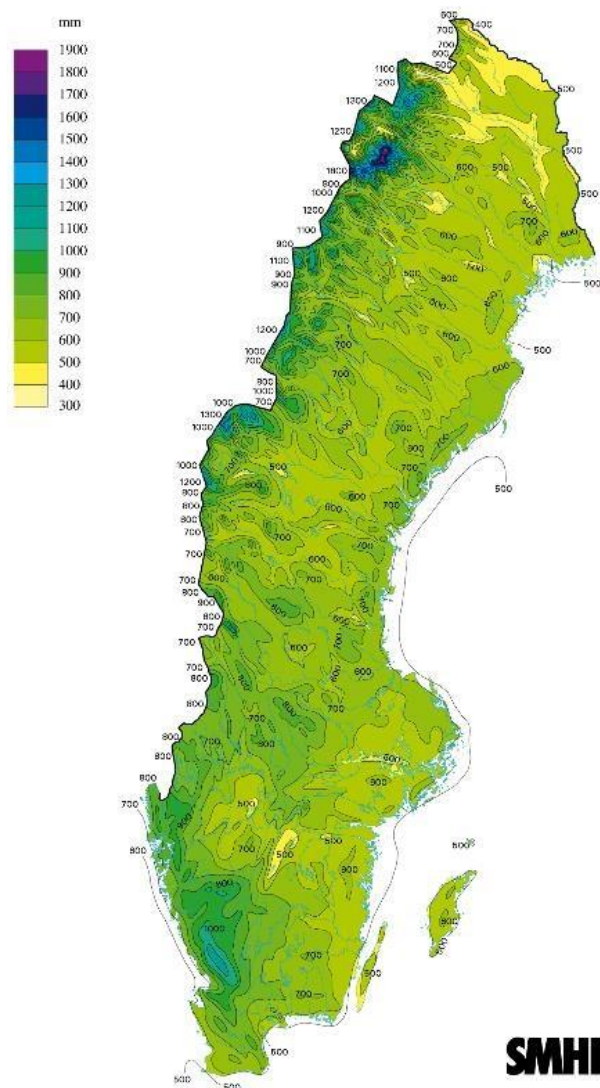
2.2.2 Vädertrender

Enligt Malmö stad (2017) är Malmös genomsnittliga årsnederbörd är 600 mm per år, se tabell 3. Det motsvarar 600 liter per kvadratmeter och 6 miljoner liter per hektar och år.

Tabell 3 Malmös årsnederbörd. Källa: (Malmö Stad, 2017)



Enligt SMHI (2015) regnar det som mest på sommaren. En skur kan pågå i flera timmar men oftast är de mindre och varar bara 5-10 minuter. Det kommer enligt SMHIs prognoser att regna mer i framtiden. Enligt beräkningar med klimatmodeller kan mängden regn öka 2030% till nästa sekelskifte. Lika ofta som det regnar 20 mm på en timme idag kommer det med andra ord regna ungefär 25 mm på en timme i framtiden. För genomsnittlig årsnederbörd i Sverige 1961-1990, se figur 11.



Figur 11. Årsnederbörd i Sverige 1961-1990. Källa: SMHI (2017c)

Det är intensiva skyfall som enligt SMHI (2017a) skapar mest problem för städer eftersom stora mängder avrinning generas på kort tid. Nederbördsförändringarna ser enligt SMHI (2017b) olika ut beroende på årstid och geografisk placering. För södra Sverige varierar estimerarna över framtida sommarregnsförändring men sammantaget väntas sommarregnsförändringen vara nära noll eller svagt ökande.

Figur 12 och 13 visar exempel på snabba vattenflödensförändringar vid hög avrinning.



Figur 12. Bro i en dal mellan branta berg i Nya Zeeland. Foto taget 2010-0420



Figur 13. Samma bro efter två dagars regn. Den höga avrinningen från bergskanterna genererade stora vattenvolymer.

Foto taget 2010-04-22

2.2.3 Miljömål och planer

Enligt Havs- och vattenmyndigheten (2017) har regeringen preciserat flera mål gällande sjöar och vattendrag. Bland dessa nämns exempelvis att vattendrag ska ha god ekologisk och kemisk status och att vattenflöden och nivåer ska vara naturliga. Enligt Svenskt Vatten AB (2016, s.27-28) uppvisar dagvatten, beroende på sitt ursprung, en stor variation i olika substanshalter. När vattnet kommer i kontakt med olika ytor, exempelvis tak och asfalt, ges det olika föroreningskoncentrationer. Att arbeta aktivt med källorna till föroreningarna är en metod för att rena dagvatten där föroreningar förekommer i små halter. En annan metod är att reducera föroreningsinnehållet till recipienten genom att fördröja dagvattnet och hantera det lokalt.

Svenskt Vatten AB (2016, s. 27) har sammanställt föroreningsdata enligt tabell 4.

Tabell 4. Jämförelse av schablonhalter i föroreningar för dagvatten och utgående avloppsvatten från reningsverk. Källa: Egen sammanställning av Svenskt Vatten AB (2016, s.27)

Typ	Metaller				Näringsämnen	
	Blyg µg/l	Koppar µg/l	Zink µg/l	Kadmium µg/l	Fosfor mg/l	Kväve mg/l
Dagvatten från bostadsområden	10-15	20-30	80-100	0,5-0,7	0,2-0,3	1,4-1,6
Dagvatten från trafikområden	3-50	20-100	30-700	0,3-0,6	0,15-0,50	2,4
Dagvatten från industri och andra verksamheter	25-30	35-80	200-400	1,2-2,1	0,29-0,42	1,6-2,2
Utgående avloppsvatten från avloppsreningsverk	<0,5	4-11	5-30	<0,05	0,21-0,23	10,2-21,4

Gikas & Tsihrintzis (2012, s. 115) har genomfört en studie där de mätt föroreningshalter från regn som runnit av tak. De har funnit att den första avrinningen efter ett regn, så kallad "first flush", innehåller ökade koncentrationer av föroreningar jämfört med efterföljande avrinning.

2.2.4 Utmaningar och ändrad syn på dagvattenhantering

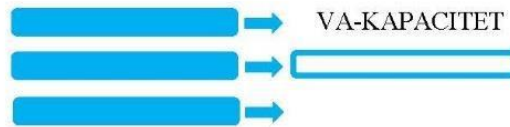
Enligt Svenskt Vatten AB (2011, s.11) har vattenmyndigheterna formulerat åtta utmaningar för att uppnå god status på vattenförekomster. Dessa är:

1. Minskad övergödning
2. Minska effekter av klimatförändringar
3. Skydd av grundvatten
4. Balans mellan fiskenäringen och hållbara bestånd
5. Förhindra läckage från förorenad mark eller sediment
6. Återställa vandringsvägar för fisk m.m
7. Förebygga översvämningar
8. Minska utsläppen av giftiga ämnen.

Av dessa berör enligt Svenskt Vatten AB (s. 11) hållbar dag- och dränvattenhantering punkterna 1, 2, 3, 7 och 8. Enligt Svenskt Vatten AB (s.12) har synen på dagvattenhantering förändrats över tiden. Från att ha handlat om avleda vattenkvantiteter fram till 1975 (se figur 14) har en förändringsprocess ägt rum till att handla om både kvalitet och kvantitet för att slutligen nå en punkt där den långsiktiga dagvattenplaneringen (se figur 15) handlar om vattenkvantitet, vattenkvalitet och gestaltning.

TRADITIONELL DAGVATTENHANTERING.

VATTENVOLYMER



Figur 14 Traditionell dagvattenhantering. Stora andelar av vattenvolymer ska belasta VA-kapaciteten ungefär samtidigt. Källa: Egen illustration.

LÅNGSIKTIGT HÅLLBAR PLANERING.

VATTENVOLYMER



Figur 15. Långsiktigt hållbar planering. En del rinner av direkt, en del rinner av fördröjt och en del rinner inte av alls. Källa: Egen illustration.

Strategier för att hantera dagvattnet på allmän platsmark handlar enligt Svenskt Vatten AB (s. 12) om att fördröja vattnet nära källan, avleda vattnet trögt och samla fördröjningen. På så vis blir volymerna som belastar VA-systemet samtidigt mindre, de totala volymerna som belastar VA-systemet mindre, vattenkvaliteten högre och estetiska inslag möjliggörs.

2.3 Ekosystemtjänster

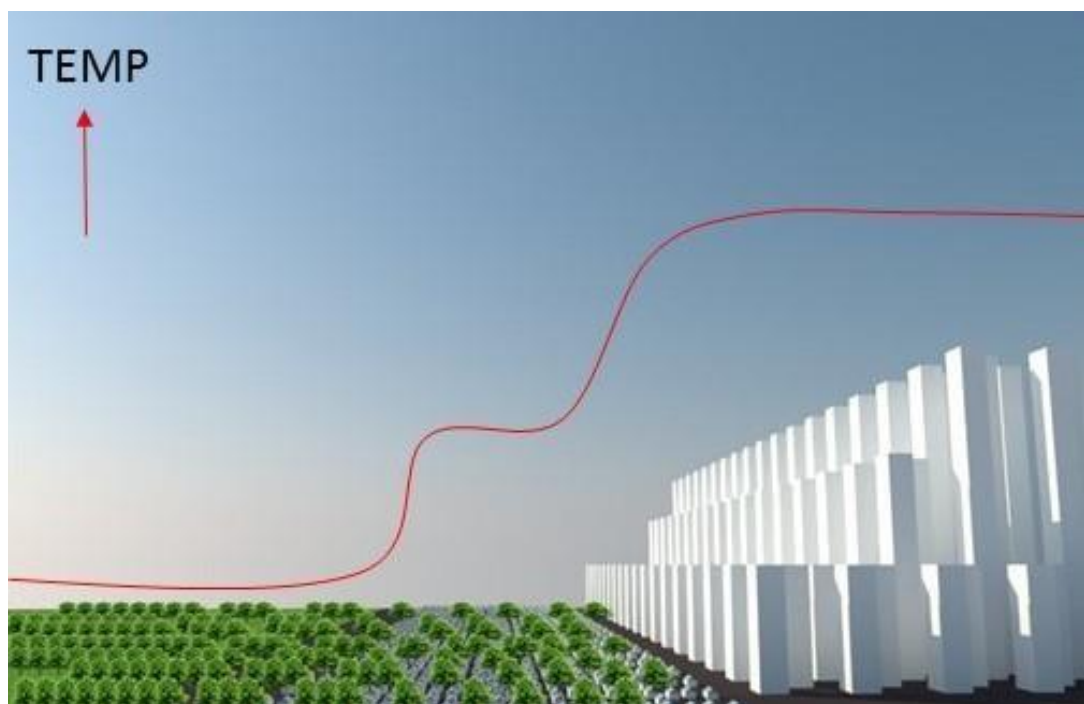
2.3.1 Gröna strukturer

Boverket (2010, s 1-2) definierar grönstruktur som ett sammanhängande system av grönska, mark och vatten som finns i anslutning till bebyggd miljö. Det finns enligt Boverket flera fördelar med gröna strukturer. Bland dessa nämns att grönstrukturer tar hand om dagvatten, bidrar till skuggande miljöer, sänker temperaturen i staden, bidrar till mötesplatser, stödjer bevarandet av biologisk mångfald i stadsmiljö, renar luften och dämpar buller.

Enligt Boverket (2010, s 4) kommer det varmare klimatet påverka värmeöeffekten i städerna. Värmeöeffekten innebär att stadsklimatet, som ett resultat av den höga andelen hårdgjorda ytor, värms mycket snabbare och sjunker i temperatur mycket långsammare än omgivande landsbygd. Med en högre andel hårdgjorda ytor blir det svårare att etablera ett behagligt sommarklimat i hårdgjord stadsmiljö. Enligt Sjöman & Slagstedt (2015, s.242) absorberar mörka material, exempelvis asfalt, en hög andel av solstrålningen. Material har också olika kapacitet att lagra värme. Ett svart metallräcke kan enligt Sjöman & Slagstedt (s. 242) bli mycket varmare än en stenmur medan stenmuren däremot kan behålla sin värme och avge energi mycket längre. Lindgren et.al (2008, s. 2019-2020) skriver i Läkartidningen att konsekvensen av värmeböljor i stadsmiljöer är en av de två största framtida hälsoriskerna. En fyrgradig ökning av sommarmedeltemperaturen i Stockholm förväntas

leda till en ökning av antalet dödsfall med cirka 5%. Detta är förknippat med den ökade andelen äldre i befolkningen, en grupp som är extra känsliga mot extrema temperaturer. Enligt Lindgren et. al (s. 2020) är konsekvenserna av höga temperaturer nära förknippat med stadsplanering. Jämfört med länder på sydligare breddgrader är vi i Sverige känsligare för höga temperaturer och redan vid två dagars ihållande värme registreras en tydligt ökad dödlighet. Något som förstärker problemet är att städerna inte erbjuder svalka på nätterna eftersom mycket av värmen kapslas in i de hårdgjorda ytorna.

Hur stor värmeöeffekten (figur 16) blir beror också på det omgivande landskapet. Enligt Carlowicz (2009) blir förändringen och värmeöeffekten större när man bygger en stad i ett skogslandskap än när man bygger en stad i en öken eftersom den relativa förändringen är större i det tidigare scenariot. Carlowicz nämner även den snabba avrinningen och uteblivna evotranspirationen som bidragande orsaker.



Figur 16. Värmeö-effekten. Illustrationen visar principen men är inte skalenlig efter faktiska kvoter mellan temperaturskillnader. Källa: Egen illustration.

2.3.2 Blåstrukturer

Boverket (2010, s 1-2) definierar blåstrukturer som sjöar, grundvatten, hav, vattendrag och VA-systemet. Blåstrukturen kan vara öppen såväl som kulverterad. Enligt Boverket kan blåstrukturer stärkas genom att arbeta med öppen dagvattenhantering i både ny och existerande grönsstruktur. Att hitta platser för riskreducerande funktioner i staden är en av metoderna för att hantera vatten som en blå- och grönsstrukturfråga. Andra viktiga ställningstaganden är att identifiera grönsstrukturens förmåga att fördröja vatten, se var grönsstruktur kan avlasta, förstärkas eller anläggas för att hitta optimala lösningar för befintliga platser.

2.3.3 Klassificering av ekosystemtjänst

Enligt Persson & Smith (2014, s. 13-14) kan ekosystemtjänsterna kategoriseras i fyra grupper. Dessa är stödjande, försörjande, reglerande och kulturella. Ingen av de fyra grupperna existerar i ett vakuum skilt från de andra. De ekosystemtjänster som blågröna lösningar i stadsmiljö främst skapar är reglerande och kulturella. Exempel på reglerande ekosystemtjänster är enligt Persson & Smith reglering av vattenfiltrering och temperatur- och klimatreglering. Som kulturella ekosystemtjänster nämns rekreation och estetiska- och kulturhistoriska värden.

2.4 Metoder för fördröjning och rening av dagvatten

2.4.1 Gröna tak

Enligt Pirard & Alm (2014, s. 7) är en fördel med gröna tak att de inte tar något markutrymme i anspråk. De kan bidra till biologisk mångfald, avlastar ledningsnäten, isolerar byggnader från värme och kyla och har en bullerdämpande verkan. Som nackdelar nämns att anläggnings- och underhållskostnaderna är högre än för traditionella tak.

Enligt Svenskt vatten AB (2011, s. 60) magasineras gröna tak mellan 50-75% av årsavrinningen beroende på takets djup. Gröna taks förmåga att magasinera regn gäller små och många regn med avrinningen är högre vid längre och intensivare regn.

2.4.2 Stuprörsutkastare och rännalar

Enligt Pirard och Alm (2014, s.9) är fördelarna med stuprörsutkastare att de avlastar ledningsnäten, håller dagvatten ytligt, är billigare att anlägga än ett ledningsbundet system och kan vara estetiskt tilltalande. Nackdelar är att det påverkar tillgängligheten negativt, att det föreligger risk för igensättning och att skötselbehovet är större än för ledningsbundna lösningar.

2.4.3 Infiltrationsytor

2.4.3.1 Genomsläpplig beläggning

Som genomsläpplig beläggning nämner Pirard och Alm (2014, s. 11) permeabel eller dränerande asfalt och rasterytor. En fördel med genomsläpplig beläggning utöver de fördröjande aspekterna är att ytans funktion, exempelvis som parkeringsplats, kan behållas. Som nackdelar med genomsläpplig beläggning nämns exempelvis ett ökat skötselkrav för att hindra igensättning.

2.4.3.2 Regnbäddar/biofilter

Regnbäddar började anläggas och testas runt 1990 i Maryland i USA (Fridell & Jergmo 2015, s. 4). Målet var att uppnå en mer naturlig hydrologi genom att efterhärma naturens sätt att fördröja och omhänderta dagvatten. Regnbäddar har visat på stor kapacitet att fördröja flöden. Enligt Fridell & Jergmo (s. 8) har en regnbädd som motsvarar 4 % av avvattningsområdet följts upp i en tvåårig studie i USA. I den studien blev 88 % av regnet behandlat i regnbädden. 53% via dränering, 32 % via perkolation i terrassen, 3 % via avdunstning och 12 % bräddades. Ett intensivt regn på upp till 20 minuter kan fördröjas upp till 24 timmar. För exempel på regnbädd i stadsmiljö, se figur 17.

Enligt Pirard & Alm (2014, s. 12) kan regnbäddar antingen vara täta eller slutna. Täta regnbäddar tillåter inte vatten att perkolera vidare till grundvattnet och kan med fördel användas där risk för förorening föreligger eller där terrassen inte ska utnyttjas för avvattnings.



Figur 17: Exempel på utformning av regnbäddar i Malmö. Foto taget 2016-06-23

Som fördelar med regnbäddar nämns enligt Pirard och Alm (2014, s. 12) att de är estetisk tilltalande, de håller dagvattnet ytligt, de bidrar till rening av dagvatten, de avlastar flödesbelastningen på ledningsnäten och bidrar till biologisk mångfald. Som nackdelar nämns att skötselbehov relativt hårdgjorda ytor är större, att det finns risk för igensättning vid bristande underhåll, att dagvatten hålls ytligt, att reningsfunktionen är svår att mäta och kontrollera och att de är utrymmeskrävande. Lindfors et. al (2014, s.41) summerar regnbäddars/biofilters funktioner i tabell 5.

Tabell 5 Funktioner hos biofilter. Källa: Lindfors et. al (2014, s. 41)

Rening	Dagvatten renas genom fysikaliska, biologiska och kemiska processer.
Fördröjning	Dagvattenflöden fördröjs genom att växtbädden är nedsänkt så att en zon över växtjorden skapas där dagvatten kan fördröjas. Även en mindre mängd dagvatten kan fördröjas i växtbäddsmaterialets och makadamens luftfyllda porvolym med ett eventuellt strypt utlopp (klen ledning så att den effektiva fördröjningsvolymen kan utnyttjas).
Absorbering	Genom absorbering av jordpartiklar fastläggs föroreningar.
Avdunstning	Genom växtupptag absorberas vatten som sedan avdunstar från bladverket vilket kan bli stora mängder, särskilt för träd.
Erosionsskydd	Växter utgör ett filter som bidrar till att dagvatten bromsas upp och skapar möjlighet för sedimentation. Växter förhindrar att sedimenten resuspenderar (yr upp av vind- eller vattenströmmar och sprids vidare). Rötter stabiliserar växtsubstratet och minskar erosionsrisken.
Estetisk	Vegetation kan öka områdets estetiska och rekreativa värden
Pedagogik	Visualisera vattnets väg genom landskapet

Fridell & Jergmo (2015, s. 4) nämner fem olika grundkonstruktioner av regnbäddar där den främsta skillnaden är hur man arbetar med avvattningskonstruktionen. Regnbäddarna kan förekomma i olika varianter, exempelvis som nedsänkning i gatumiljö eller som plantering mot husvägg. Regnbäddarna har alla gemensamma egenskaper såsom fördröjningszon, inlopp, bräddavlopp, erosionsskydd och någon form av avvattnande system. De olika regnbäddarna illustreras i figur 18-22.

Regnbädd typ ett (figur 18) är användbar där marken har stor kapacitet att omhänderta dagvatten och risker för föroreningar inte föreligger (Fridell & Jergmo s. 6). Vid vattenvolymer över regnbäddens kapacitet kan avrinning ske via översvämningsskyddet, annars sker avrinning genom terrassen.



Figur 18. Regnbädd typ ett där vatten dräneras via terrassen. Källa: Egen illustration

Regnbädd typ två (figur 19) liknar regnbädd typ ett men är försedd med en dräneringsledning för att säkerställa att vatten inte blir stående i regnbädden (Fridell & Jergmo s. 6).



Figur 19. Regnbädd typ två. Källa: Egen illustration

Regnbädd typ tre (figur 20) skapar genom sitt makadamlager ett fördröjningslager under växtjorden. Inget grundvatten kan ta sig upp i växtjorden eftersom makadamlagret utgör ett kapillärbrytande skikt. Dräneringsjämvikten styrs inte av grundvattennivån i terrassen

utan istället av avståndet till makadamlagret. Liksom typ ett och två är denna lämplig där avvattning till terrassen är lämplig (Fridell & Jergmo, s. 6).



Figur 20. Regnbädd typ tre. Källa: Egen illustration

Regnbädd typ fyra (figur 21) har enligt Fridell & Jergmo (s. 6) en tät duk under makadamlagret och på sidorna av regnbädden. Avståndet ner till makadamlagret styr mängden växttillgängligt vatten och inget vatten når terrassen.



Figur 21. Regnbädd typ fyra. Källa: Egen illustration

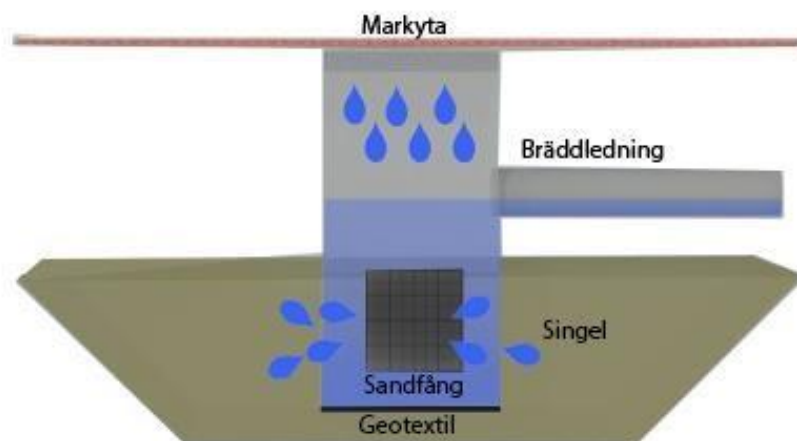
Regnbädd typ fem (figur 22) har enligt Fridell & Jergmo (s. 6) ett vattenlås. Det möjliggör för regnbädden att hålla vatten under nederbördsfria perioder. En konsekvens av det är att perioden med växttillgängligt vatten i regnbädden och tiden som vatten kan renas i regnbädden förlängs.



Figur 22. Regnbädd typ fem med vattenlås. Källa: Egen illustration

2.4.4 Perkulationsmagasin

Enligt Pirard & Alm (2014, s. 17) avleder perkulationsmagasin (figur 23) dagvatten under marken för att sedan låta vattnet tränga ut i omgivningen. Detta sker genom fördelningsledningar. Genom kemisk eller fysisk fastläggning i magasinet kan avskiljning av föroreningar ske.



Figur 23 Exempel på perkulationsmagasin. Källa: Egen illustration baserad på Pirard & Alm (2014, s. 17)

Som fördelar med perkulationsmagasin nämns att de inte tar markyta i anspråk, de minskar flödesbelastningen på ledningsnäten och bidrar till rening av dagvatten. Som nackdelar nämns risken för igensättning vid bristande underhåll och att magasinerna är olämpliga på platser där det är svårt att utföra underhåll (exempelvis hårt trafikerad väg) och att det är svårt att mäta och kontrollera reningsfunktionen.

2.4.5 Skelettjordar

Enligt Pirard & Alm (2014, s. 18) är skelettjordar en variant av perkulationsmagasin. Med skelettjordar fås bärighet för exempelvis en väggkropp samtidigt som förutsättningar skapas för växtlighet. Som fördelar med skelettjord nämner Pirard och Alm (2014, s.18) den renande funktionen, att det inte tar mark i anspråk och den minskade belastningen på

ledningsnäten. Som nackdelar nämns att det är svårt att mäta och kontrollera den renande funktionen samt att risk föreligger för igensättning.

2.4.6 Diken

2.4.6.1 Svackdiken

Enligt Pirard & Alm (2014, s. 19) är svackdiken breda och flacka och tillåter vatten att infiltrera i marken. Det breda tvärsnittet kombinerat med infiltrationskapaciteten möjliggör fördröjning och lokalt omhändertagande.

2.4.6.2 Makadamfyllda diken

Pirard & Alm (2014, s.19) skriver att ett makadamfyllt dike kan konstrueras genom att ett cirka en meter djupt dike fylls med ett genomsläppligt material såsom makadam under grässvålen. För att skydda makadamen från jorden och växtlighet kan geotextil användas. I botten av makadamdiket läggs en dränerande ledning.

Fördelar med diken är enligt Pirard & Alm (2014, s. 19) bland annat minskad flödesbelastning, bidrag till biologisk mångfald, estetiska funktioner och rening. Som nackdelar nämns risken för utspolningar av föroreningar vid kraftiga regn och att reningsfunktionen är både svår att mäta och kontrollera.

2.4.7 Dagvattendammar

Enligt Pirard & Alm (2014, s.20) är en effektiv metod för att avskilja föroreningar och utjämna flödestoppar i dagvattenhanteringen att använda sig av dagvattendammar. Sedimentering kombinerat med växtupptag och rening av mikroorganismer skapar reningseffekten, som till största del äger rum mellan regntillfällena. Utformningen är avgörande för att de renande effekterna ska uppnås.

Som fördelar med dagvattendammar nämner Pirard & Alm (s. 20) att de är estetiskt tilltalande, att de avlastar ledningsnäten, att dagvattnet hålls ytligt, att in- och utlopp kontrolleras och att de bidrar till den biologiska mångfalden. Som nackdelar nämns att de är utrymmeskrävande och att de kräver kontinuerlig skötsel och underhåll.

2.4.8 Våtmarker

Enligt Pirard & Alm (2014, s.21) är skillnaden på en våtmark och en damm diffus men våtmarken har en större andel växter och ett medeldjup på mindre än en meter. Den stora andelen växter skapar utmärkta förutsättningar för att våtmarken ska hysa fler mikrohabitat än en damm. Partikelsedimentering, växtupptag och mikrobiella processer är de viktigaste renande funktioner. När våtmarker används för renande syfte är anlagda våtmarker lämpligast eftersom man då inte rubbar befintliga ekosystem. Som våtmarkens fördelar nämner Pirard & Alm (s. 21) en minskad flödesbelastning på ledningsnätet, kontrollerat in- och utlopp, estetiska funktioner och det håller dagvattnet ytligt. Som nackdelar nämns att våtmarken tar mycket yta i anspråk och att kontinuerlig skötsel krävs.

2.4.9 Multifunktionella ytor

Multifunktionella ytor (figur 24) kan enligt Pirard & Alm (2014, s. 22) användas för att undvika skador vid kraftig nederbörd eller för att utjämna flöden. Försänkningar av hårdgjorda ytor eller gröna ytor är en metod för att skapa dessa. Vid kraftig nederbörd bildas tillfälliga vattenspeglar. Genom ett dimensionerat utflöde töms dessa succesivt när

nederbörden avtar. Den multifunktionella ytan spelar en annan roll under torrväder, exempelvis som park eller lekplats. Som fördelar med multifunktionella ytor nämns att ytan även kan användas till andra ändamål än dagvattenhantering, att den kan bidra till biologisk mångfald, att VAsystemet avlastas vid kraftiga regn och att in- och utloppet är kontrollerat. Som nackdelar nämns att det är svårt att mäta reningseffekten och att lösningen är utrymmeskrävande.



Figur 24. Nedsänkt innergård på Krutmeijersgatan i Malmö. Flera intill varandra liggande innergårdar har liknande nedsänkning och det är möjligt att dagvattenhantering varit en aspekt i gestaltningen. Foto taget 2017-05-06

2.4.10 Underjordiska fördröjningsmagasin

Underjordiska fördröjningsmagasin kan enligt Pirard & Alm (2014, s. 24) utformas på olika sätt. De kan med fördel användas där utrymme saknas i marknivå för att fördröja regnvatten. Som fördelar nämns att de tar lite markyta i anspråk, att de avlastar ledningsnäten och att in- och utloppet är kontrollerade. Som nackdelar nämns kontinuerlig drift och underhåll, risk för igensättning och en högre anläggningskostnad än för en öppen lösning.

2.4.11 Sammanfattning

För sammanfattning av typer och funktioner för dagvattenhantering, se tabell 6.

Tabell 6. Sammanställning av typer och funktioner för olika dagvattenhanteringsmetoder. Källa: Egen sammanställning.

Typ/Funktion	Markyta	Biologisk mångfald	Bullderdämpande	Renande	Kontrollerat in- och utlopp	Estetisk funktion	Påverkan temperatur stadsklimat
Gröna tak		x	x	x		x	X
Stuprörsutkastare och rännalar	x					x	
Genomsläpplig beläggning		x		x		x	x
Regnbäddar	x	x	x	x		x	X
Perkolationsmagasin				x			
Skelettjord				x			
Svackdiken	x	x	x	x		x	X
Makadamfyllda diken	x	x	x	x			X
Dagvattendammar	x	x	x	x	x	x	X
Våtmarker	x	x	x	x	x	x	X
Multifunktionella ytor	x	x	x	x	x	x	X
Underjordiska fördröjningsmagasin	x				x		

2.5 Beräkningsmetoder

2.5.1 Rationella metoden

Dagvattenavrinningens storlek i en bestämd punkt inom avvattningsområdet bestäms enligt Svenskt Vatten AB (2016, s.64) av intensiteten för nederbörden, ytarealen som avvattnas till punkten, markytans och avrinningsområdets form och markytans beskaffenhet.

Rationella metoden är enligt Svenskt Vatten AB (s. 64) en lämplig metod för att göra överslagsberäkningar och rimlighetsbedömningar av maximala flöden från avvattningsområdet eftersom beräkningar med större noggrannhet kräver hydrauliska datormodeller med kapacitet att utföra mer omfattande beräkningar. Rationella metodens lämplighet är förutsatt att ett antal villkor uppfylls. Rinntiderna får inte vara för varierande, områdets avrinningskoefficienter bör vara jämnt fördelade och området får inte vara för stort. Persson et. al (2014, s. 27) anger rationella metoden och dess villkor enligt nedan.

$$Q_{\text{dim}} = \phi * i * A * f_c$$

Där:

Q_{dim} = dimensionerande maximalt toppflöde

ϕ = avrinningskoefficient.

ϕ_s = sammanvägd avrinningskoefficient för olika typer av ytor inom avrinningsområdet

i = regnintensitet i [l/s ha] vid visst t_r

A = Area f_c = klimatkoefficient [1,05-1,3]

$\phi * A = A_{\text{red}}$ = reducerad area

För relevanta svar krävs enligt Persson et. al (s. 27) en yta under 30 hektar, avrinningskoefficienter som är likartade och ett rektangulärt område.

2.5.2 Avrinningskoefficient

Avrinningskoefficienten är ett mått som anger den maximala andelen av ett avrinningsområde som kommer att bidra till områdets avrinning (Svenskt Vatten AB, 2016, s.67). Det som inte avrinner går exempelvis förlorat genom avdunstning, infiltration, magasinering eller absorption från växtligheten. Faktorer som påverkar är regnintensitet, lutningsgrad och andel hårdgjord yta. Avrinningskoefficienter kan väljas enligt tabell 7 och den reducerade arean som genererar avrinning fås genom att multiplicera arean med avrinningskoefficienten.

Tabell 7. Avrinningskoefficienter för olika ytor. Källa: Avskriven tabell från Svenskt Vatten AB (2016, s. 68)

Typ av yta	Avrinningskoefficient, ϕ
Tak utan magasin	0,9
Betong- och asfaltyta, berg i dagen i stark lutning	0,8
Stensatt yta med grusfogar	0,7
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnd vegetation	0,4
Berg i dagen i inte alltför stark lutning	0,3
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,2
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark	0,1
Odlad mark, gräsyta, ängsmark mm	0-0,1
Flack tätbevuxen skogsmark	0-0,1

2.5.3 Regnenvelopmetoden

Lindfors et. al (2014, s. 42-43) uppger att exakta rekommendationer för regnbäddsdimensionering är svåra att ge eftersom platsspecifika förutsättningar påverkar utformningen. Exempel på påverkande faktorer är om vattnet som filtrerar regnbädden avleds genom terrassen eller genom dräneringsledningar, klimat, andel luftfyllda porer, vilken återkomsttid på regnet som regnbädden dimensioneras för, hur mycket sediment dagvattnet som når regnbädden innehåller, vegetationsval, erosionsskydd, inlopp, filtermaterial och bräddavloppets dimensioner.

Lindfors et. al (s. 46) anger att filtermateriallets renande och fördröjande förmåga inte korrelerar så att båda nyttorna kan maximeras med samma filtermaterialval. Ett grovt filtermaterial med många luftfyllda porer släpper igenom mer vatten och har därmed förmåga att fördröja mer vatten utan behov av bräddning än vad som är fallet för ett lerigt filtermaterial som däremot har högre renande förmåga. En medelväg måste hittas som också tar hänsyn till växternas närings-, syre och vattentillgångs krav.

För översiktlig dimensionering av volym för infiltrationsytor anger Persson et. al (2014, s.28-29) att Regnenvelopmetoden, beskriven på nästa sida, kan användas.

Regnenvelopmetoden tar enligt Svenskt Vatten AB (2016, s.119) inte hänsyn till rinntid vilket gör att modellen passar bäst för dimensionering av magasin med en avtappning mindre än 10-20 l/s*ha. Eftersom studien är anpassad efter ett idéskisstadium passar en överslagsmodell som inte tar hänsyn till rinntiden bra.

Regnenvelopmetoden:

$$V_{\text{erf}} = (V_{\text{in}} - V_{\text{ut}})_{\text{max}} \text{ Där:}$$

V_{erf} = erforderlig magasinvolym [m^3]

V_{in} = tillförd vattenmängd [m^3]

V_{ut} = avtappad vattenmängd [m^3]

$$V_{\text{in}} = f_c * i * A_{\text{red}} * 0,06 * t_r$$

Där:

V_{in} = tillförd vattenmängd [m^3]

f_c = klimatfaktor (1,05-1,3)

A_{red} = reducerad area ($A * \phi_s = A_{\text{red}}$: A = area, ϕ_s = sammanvägd avrinningskoefficient) [ha], benämns ibland h_{red}

i = blockregnsintensitet för regn med en viss varaktighet [l/s

ha] 0,06 = justera från liter till m^3 och från sekunder till minuter

t_r = regnets varaktighet [min]

$$V_{\text{ut}} = \left(\frac{A_{\text{mag}}}{2} * K * Q_{\text{ut}} \right) * 60 * t_r$$

Där:

V_{ut} = avtappad vattenmängd [m^3]

A_{mag} = Magasinets totala yta för exinfiltration ($2 * (a+b) * h$)

a = magasinets längd

b = magasinets bredd

h = magasinets höjd

$/2$ = Justering för att bara halva magasinet är aktivt i genomsnitt

K = hydraulisk konduktivitet (m/s) 60

= justering av sekunder till minuter t_r

= tid som avtappningen pågår (min)

Q_{ut} = avtappningen från ett till hälften fyllt magasin (m^3/s)

Sammanslaget blir ekvationen:

$$V_{\text{erf}} = f_c * i * A_{\text{red}} * 0,06 * t_r - \left(\frac{A_{\text{mag}}}{2} * K * Q_{\text{ut}} \right) * 60 * t_r$$

Beräkningarna för regnenvelopmetoden utförs när magasinet är tomt (Svenskt Vatten AB, 2016 s.119), vilket inte är fallet för våra regnbäddar. För att ta hänsyn till magasinets volym med porositeten i beaktande kan följande formel användas (Persson et. al, 2014 s. 30).

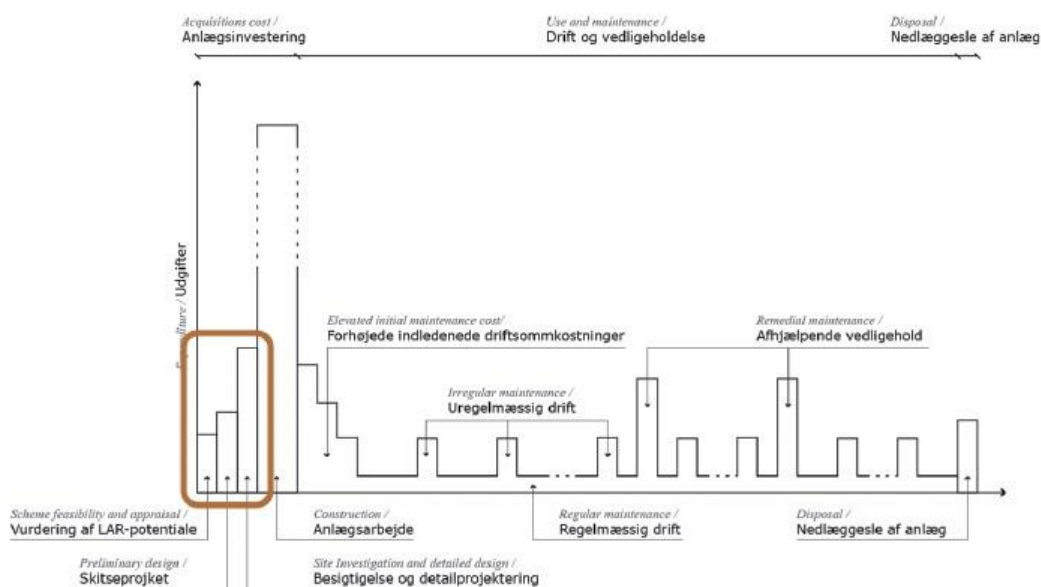
$$V_{ber} = V_{erf} / n$$

V_{ber} = Beräknad bruttovolym
 = Porositeten på magasinet

I mina beräkningar kommer jag att bortse från exinfiltrationen eftersom vi räknar med att inget vatten ska avledas till terrassen.

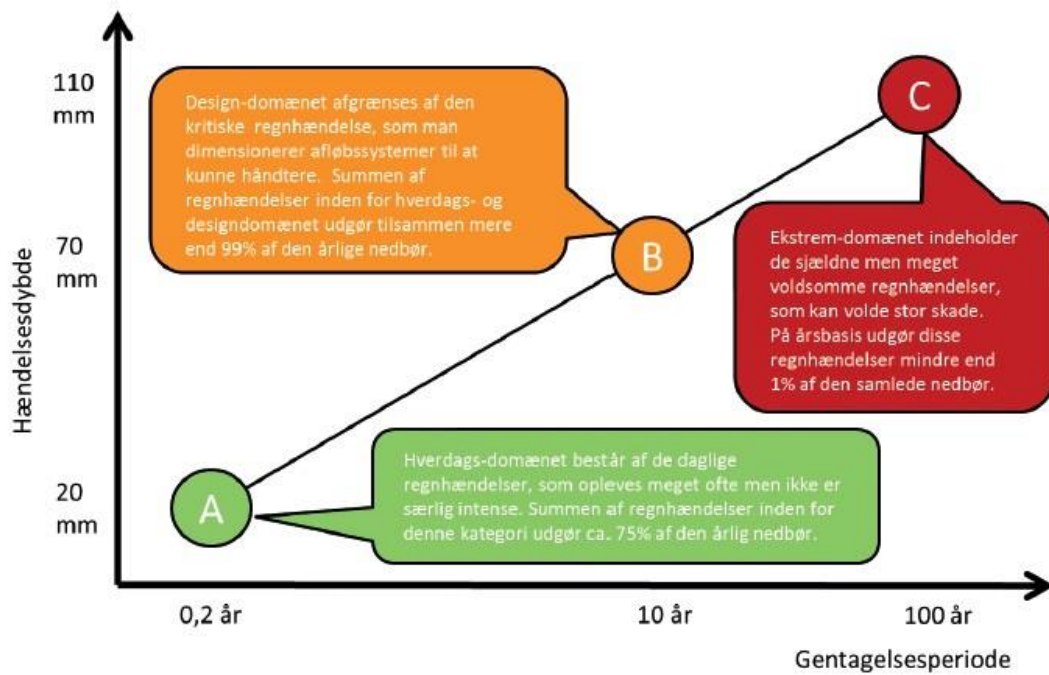
2.5.4 LAR-Potentiale

Lerer et. al (2015, s. 127-129) skriver att LAR-Potentiale är ett nytt verktyg som är användbart i tidiga faser av projekt för lokalt omhändertagande av dagvatten, se figur 25 nedan. Verktöget är excel-baserat och designat utifrån trepunktsmetoden, beskriven i figur 26. Modellen passar framförallt danska förhållanden. Författarna motiverar bruket av det förenklade verktöget med att den osäkerhet som kommer från grova antaganden inte är större än den osäkerhet som en avsaknad av ett områdets detaljerade fysiska förutsättningar medför.



Figur 25. Projektsteg och LAR-Potentiales användningsområden. Källa: Lerer et. al (2015, s. 129)

Punkt A-regn (figur 26) är enligt Lerer et. al (s. 129) de vardagsregn som står för cirka 75% av den årliga nederbörden. När lokalt omhändertagande av dagvatten diskuteras är det framförallt denna typ av nederbörd som kommer att hanteras. Typ B-regn är den typ av regn som angränsar till vad avloppssystem projekteras att hantera och har ofta en återkomsttid på 5 till 10 år. Punkt A- och punkt B-regn utgör cirka 99% av årsnederbörden. Typ C-regn är de extremregn som vållar stora problem och materiella skador.



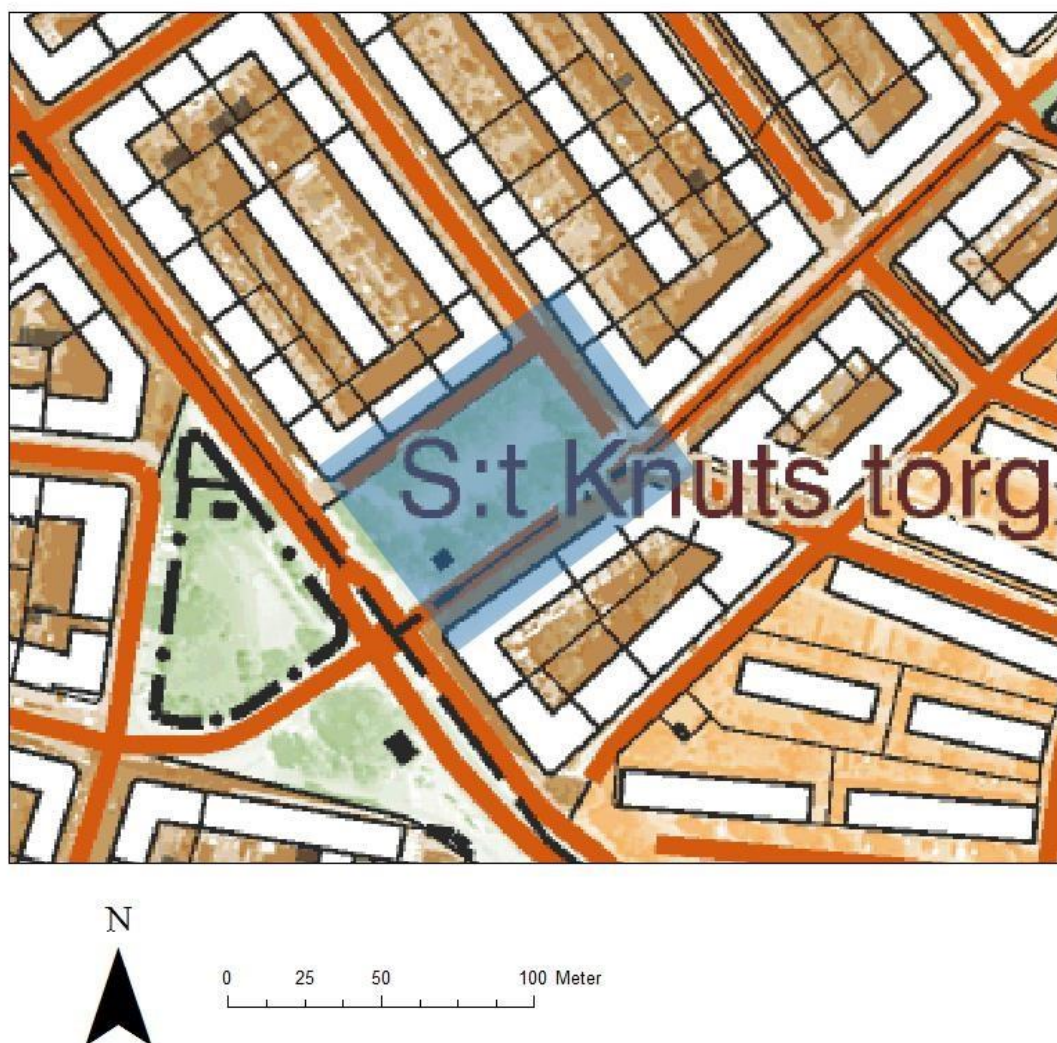
Figur 26. Trepunktsmetoden. Källa: Lerer et. al (2015, s. 129)

3 Platsbesök och experiment

3.1 Sankt Knuts torg

3.1.1 Historik

S:t Knuts torg är beläget i Malmö. Torget anlades enligt Martin Andersson (2017) i början på 1900-talet. Enligt mina observationer på platsen avleds vattnet i dag i brunnar och stuprör. Brunnarna finns både på torget och på asfaltsytan som omger torget. Det är inte verifierat att fördröjande åtgärder inte finns i form av exempelvis skelettjord eller magasin under mark men jag bortser från det då det inte påverkar uppsatsens syfte. Planteringarna för träd och buskar är upphöjda och avskärmade från avrinnande vatten med storgatsten och stuprännorna tillhörande de fastigheter som ligger runt torget går rakt ner i marken vilket illustreras längre fram. Figur 27 visar det tänkta avvattningsområdet för fallstudien.



Figur 27. Tänkta avvattningsområde i blått. Gränsen för avvattningsområdet avgörs av taklutningarna.
Källa: Lantmäteriet © (2017)

3.1.2 Avrinningskoefficienter

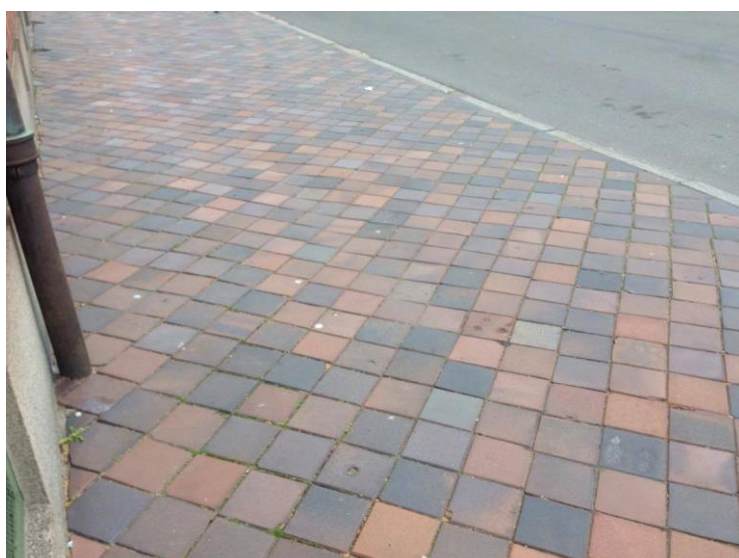
I tabell 8 ses hur de olika ytorna för avvattningsområdet fördelar sig och hur stor den reducerade arean som genererar ytaavrinning är. För att underlätta beräkningar med rationella metoden är formen för avvattningsområdet rektangulär. Fördelningen mellan avrinningskoefficienter och rinntider är liknande över hela området även om skillnader, framförallt sydväst inom avrinningsområdet där hustak saknas, förekommer. Befintliga planteringar är inkluderade i torgytan eftersom deras effekt på den totala vattenavrinningen i dagsläget är försumbar. Även effekter från trädkronstäckning är exkluderat vid beräkning av avrinningsytorna.

Tabell 8: Ytfördelning och avrinningskoefficient: Ytorna är uppmätta i Lantmäteriets kartdatabas. Avrinningskoefficienterna kommer från Svenskt Vatten AB (2016, s. 68)

Typ	Area	ha	Avrinningskoefficient	A _{red}
Takyta	1290 m ²	0,129 ha	0,9	0,1161 ha
Asfaltsyta	1310 m ²	0,131 ha	0,8	0,1048 ha
Torgyta med smågatsten inkl. befintliga planteringar	3270 m ²	0,327 ha	0,7	0,2289 ha
Trottoarer i markbetongplattor	1310m ²	0,131 ha	0,7	0,0917 ha
Totalt				
	7180 m²	0,718 ha		0,5415 ha

3.1.3 Platsbesök

Platsen besöktes vid två tillfällen enligt figur 28-36. Vid det första besöket var det uppehåll och vid de andra besöket regnade det lågintensivt. Enligt väderleksrapporter hade det regnat lågintensivt av och till under natten och regnintensiteten vid tidpunkten för mitt besök var 0,1 mm/h enligt SMHIs väderlektjänst.



Figur 28. Trottoar och stuprör vid fastighet som omger huset. Foto taget 2017-04-10



Figur 29. Torget vid regn. Foto taget 2017-04-29

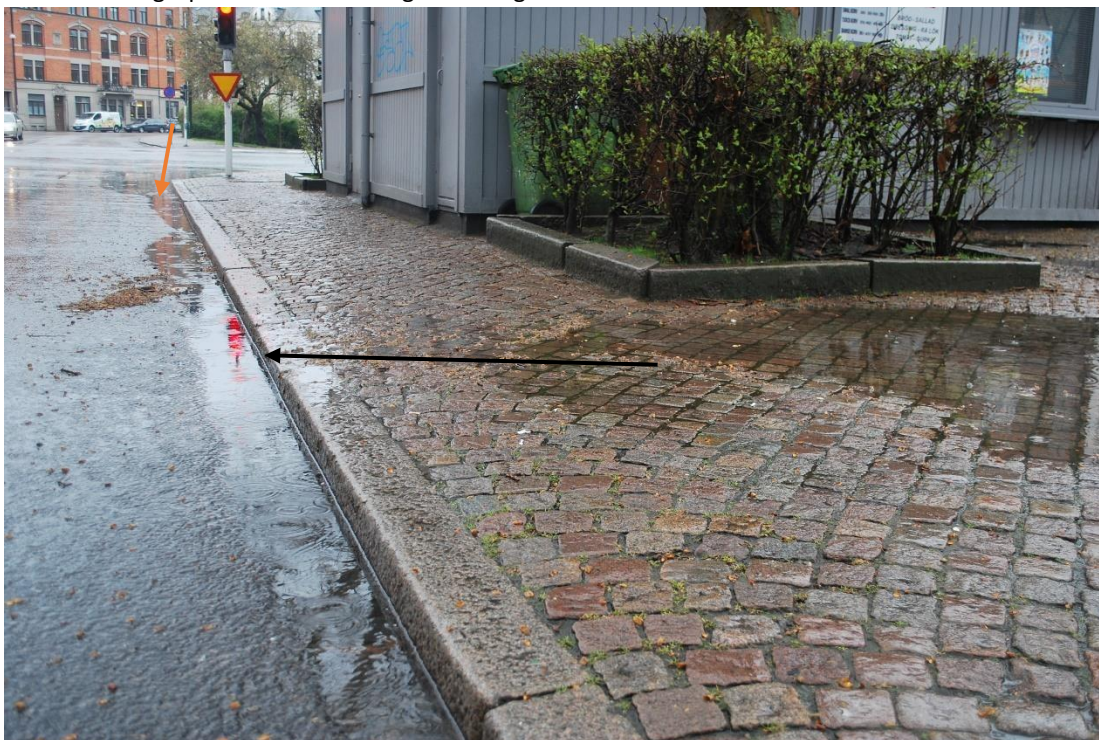


Figur 30. Brunn på torget markerad med orange pil. Foto taget 2017-04-29

Vid platsbesöket noterades att vatten dels blev stående på torget, dels rann ner i brunnar på torget enligt figur 30 och dels rann ner på asfaltsytan som omger torget.



Figur 31. Trädgroparna och planteringarna är avskärmade från avrinnande vatten och det vatten som föll rakt i trädgropen infiltrerade dåligt. Foto taget 2017-04-29.



Figur 32. Mycket vatten rann av torget. Orange pil visar brunnspacering och svart pil hur torgvatten rinner ner på asfalten. Foto taget 2017-04-29



Figur 33. Annat perspektiv på samma översvämmade brunn som i figur innan. Foto taget 2017-04-29.

Två av brunnarna som omgav torget hade stående vatten enligt figur 33 och 34. Även andra brunnar i närområdet hade stående vatten enligt figur 35.



Figur 34. Stående vatten vid brunn i direktanslutning till torget. Foto taget 2017-04-29.



Figur 35. Stående vatten fullt med fimpar vid brunn. Foto taget 2017-04-29



Figur 36. Samma brunn som i figur 31 efter att vattnet sjunkit undan. Svart pil visar oljespill. Foto taget 2017-04-29

Vid platsbesöket observerades både olja och fimpar som rann med vattnet ner till brunnarna. Brunnarna vid figur 35 och 36 ligger cirka 300 meter från torget.

3.2 Regnbäddarna vid Monbijougatan

3.2.1 Placering och historik

Regnbäddarna ligger där Monbijougatan möter Norra Parkgatan i Malmö. Regnbäddarna anlades under 2015 (egen observation).

3.2.2 Platsbesök

Regnbäddarna besöktes vid flera tillfällen under april. Anledningen till återbesöken var observationer som gjordes vid platsbesöken och ändrade regnförhållanden. Vid besöken observerades att höjden på fördröjningszonen varierade mellan cirka 5 och 20 centimeter vid kantstenen. På vissa ställen syntes inte översvämningsskyddet på grund av dess låga placering under döda rester av fjolårsvegetationen. Det omgivande planteringsskyddet som jag året innan (figur 17 sidan 40) observerat runt regnbäddarna var borttaget och det syntes både fotspår och gott om skräp i planteringarna. Runt träden fanns vattensäckar. I mitten av regnbäddarna var fördröjningszonen djupare. Det observerades att en del vatten hade svårt att rinna in i regnbäddarna och rann förbi hela konstruktionen och ned i närliggande brunn. Regnbäddarna upplevdes som väl tilltagna volymmässigt. Takvatten från omgivande fastigheter leddes ned i stuprör istället för att rinna till regnbäddarna. Regnbädden i figur 37-41 hade två inlopp på sidan som är exponerad mot körbanan.



Figur 37. En del vatten hade svårt att hitta ner i regnbädden. Foto taget 2017-04-29



Figur 38. Gott om vatten rann ned i brunn vid orange pil. Foto taget 2017-04-29



Figur 39. Översvämningsskydd väl dolt i gräset enligt orange pil. Foto taget 2017-04-29



Figur 40. Översvämningsskyddet från föregående figur låg nästan i markhöjd. Foto taget 2017-04-29



Figur 41. Vattensäcken i regnbädden. Foto taget 2017-04-29

3.3 Experiment

Med anledning av allt vatten som observerades nedanför regnbädden vid platsbesöket 2017-04-29, varav en del upplevdes vara vatten som runnit förbi öppningen och en del vara vatten som kom från avvattningsområdet nedanför öppningen, genomförde jag ett enkelt experiment för att skapa en generell bild om avrinningen ned i regnbädden fungerade bra.

Experimentet ägde rum vid torr väderlek och gick ut på att hälla ut vatten ovanför öppningen till regnbädden som observerades missa en del vatten vid tidigare besök. Vid det första försöket hällde jag ut 1,5 liter vatten enligt figur 42 och 43. Veldig lite vatten letade sig förbi regnbädden och en del infiltrerade mellan asfalten och kantstenen ovanför öppningen till regnbädden.



Figur 42. 1,5 liter vatten hälldes cirka 2 meter ovanför den 50 centimeter långa öppningen. Tömningen tog cirka 15 sekunder. Foto taget 2017-04-30



Figur 43. Det mesta av vattnet som nådde fram rann ned i regnbädden. Foto taget 2017-04-30

Vid det andra försöket (figur 44) hälldes 6 liter vatten ut cirka en meter ovanför öppningen. Två flaskor hälldes ut parallellt åt gången och tömningarna tog cirka 30 sekunder.



Figur 44. En stor andel av vattnet fortsatte förbi regnbädden. Foto taget 2017-04-30

Vid det andra försöket rann mycket vatten förbi regnbäddarna. Vid uthållningen uppstod svall mot kantstenen som omger regnbäddarna (se orange pil) vilket kan ha underlättat för vattnet att missa öppningen. Eftersom inloppet fungerade otillfredsställande hade regnbädden i

princip en öppning längs hela gatsidan under rådande vattenförhållanden. Den öppningen låg i början av regnbädden.

Vid det tredje försöket (figur 45-46) hällde jag ut åtta liter vatten några meter ovanför regnbäddarna. En flaska hälldes ut åt gången och tömningen tog 1 minut och 28 sekunder. Vattnet hälldes ut parallellt med gatstenen för att minimera svall mot stenen.



Figur 45. Åtta liter vatten hälldes ut ovanför regnbädden. Foto taget 2017-05-01



Figur 46. Mycket vatten rann förbi regnbädden. Foto taget 2017-05-01

Vid en närmare inspektion av regnbäddens inlopp observerades skötselproblem vid båda inloppen (figur 47-48). Vid öppningen där experimentet ägde rum hade vegetationen fått fäste vid öppningen medan den enkelt gick att sparka bort vid öppningen ovanför.



Figur 47. Det gick lätt att avlägsna den döda vegetationen vid ett inlopp men det är uppenbart att gräset vinner mark mellan gatstenarna. Foto taget 2017-05-01



Figur 48. Regnbäddsinloppet där experimentet utfördes. Gräset har fått tillräckligt fäste bland smågatstenen för att sitta kvar efter mina sopningsförsök. Foto taget 2017-05-01

3.4 Regnbäddarna vid Islandsgatan i Uppsala

3.4.1 Platsbesök

Regnbäddarna besöktes 2017-05-03. Regnbäddarna och omgivande gaturum höll på att anläggas vid tiden för platsbesöket. Den skillnad mot regnbäddarna i Malmö som jag framförallt intresserade mig för var inloppen från gatan till regnbädden. Dels var inloppen betydligt fler, dels var inloppens konstruktion annorlunda. Se figur 49 – 51. Till skillnad från i Malmö var även inlopp till regnbäddarna placerade vid regnbäddens ändar och inloppskonstruktionerna var fredade från vegetation. I de fall där inloppen var designade med ränndalar nås en mycket djupare vattenspridning in i växtbäddarna.



Figur 49. Exempel på inloppskonstruktion på Islandsgatan. Brunnar fanns vid slutet på varje regnbädd.
Foto taget 2017-05-03

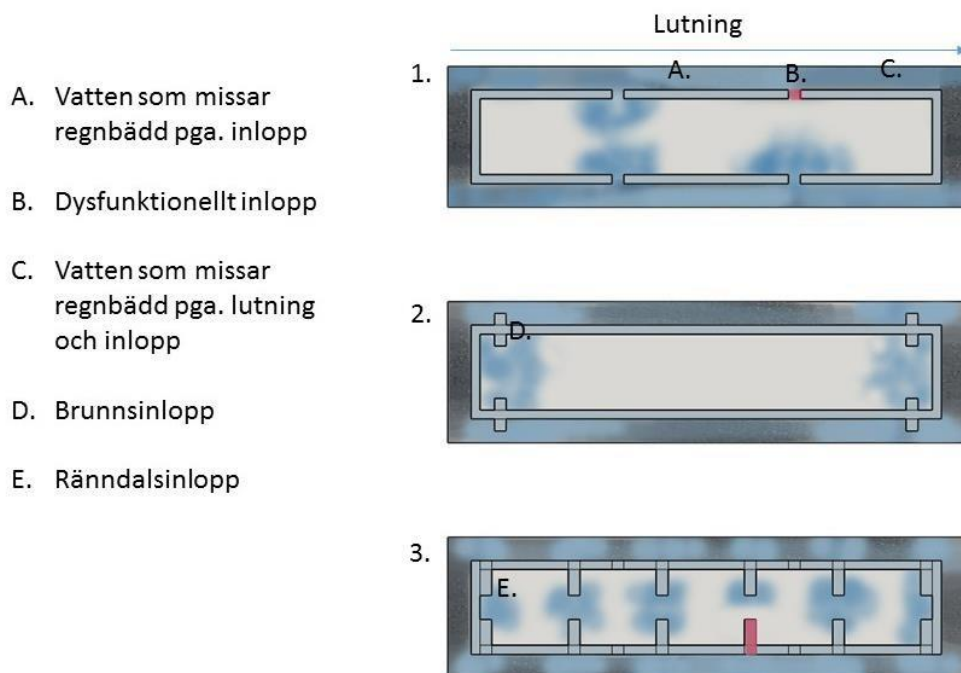


Figur 50. Exempel på inloppskonstruktion vid Islandsgatan. Svarta pilar visar inloppsplacering. Foto taget 2017-05-03



Figur 51. Inlopp som når långt in i regnbädden och översvämningsskydd. Foto taget 2017-05-03

3.5 Konstruktionskommentarer angående inlopp

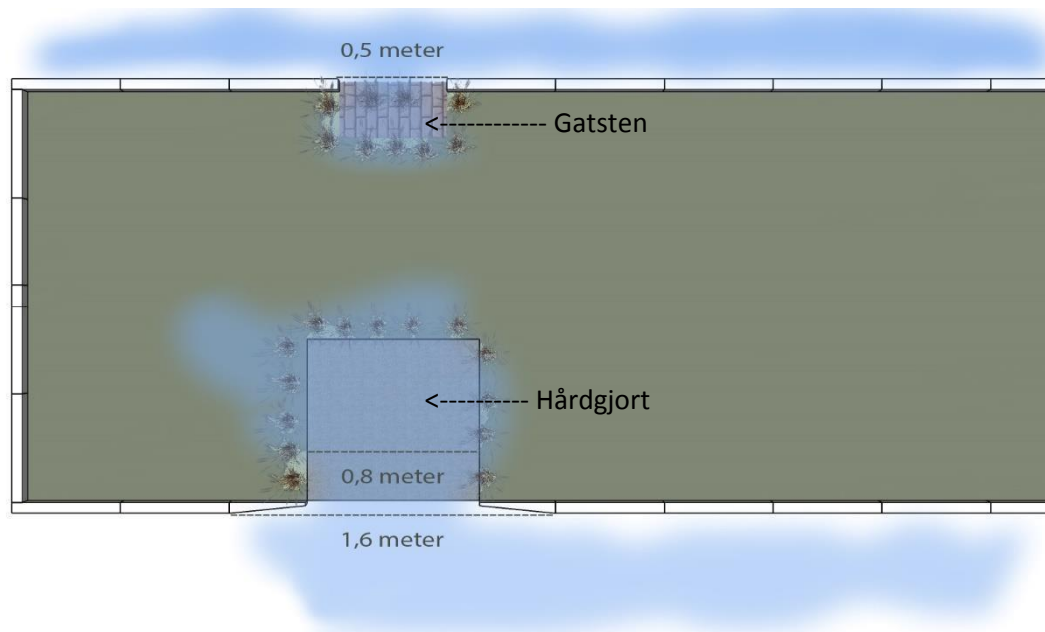


Figur 52. Principen för en av regnbäddarna vid Monbijougatan representeras av nr 1 och regnbäddarna på Islandsgatan av nummer 2 och 3. Bilden illustrerar inte regnbäddarnas faktiska form, faktiska inloppsplacering, antal inlopp eller vilka som är funktionella. Källa: Egen illustration.

Regnbäddarna vid Monbijougatan och Islandsgatan visade prov på tre olika typer av inlopp enligt figur 52. Vid Monbijougatan var inloppen få, smala (0,5 meter) och placerade på ett sådant sätt att avvattningsområdet nedanför inloppet var ganska stort på grund av lutningen (illustrerat av blå pil ovanför regnbädd 1) och på grund av inloppsplaceringen. Vid den regnbädd där inloppet fungerade dysfunktionellt så missade regnbädden att ta emot en stor andel av gatans vatten. Det var även många kvadratmeter som vattnades av nedanför regnbädden som rann till en till synes vanlig brunn som var placerad vid slutet av regnbädden.

Vid Islandsgatan fanns två olika konstruktioner. Den regnbädd som ledde in vatten via brunn hade brunnarna förlagda till slutet av regnbädden enligt nummer 2 i figur 52. Det fanns också en konstruktion enligt nummer 3 där gott om rännilar ledde in i regnbädden. De röda markeringarna symboliserar inlopp som är satta ur spel. Möjliga anledningar är igentäppning eller ändrade höjdförutsättningar på grund av exempelvis frostsprängning under smågatstenar vid inlopp.

Med ett bredare inlopp som löper längre in i regnbädden enligt figur 53 så ökar förmågan att ta in vatten och risken minskar för att inloppet ska bli helt täppt eftersom den potentiella vegetationsgränsen flyttas från inloppet. Den totala längden som översilningsytan exponeras mot vegetationen ökar.



Figur 53. Det övre inloppet är smalt och har gatsten som delvis tagits över av vegetation, precis som vid Monbijougatan. Det nedre inloppet är bredare och har tack vare bredden och öppningskonstruktionen med snett kapade gatstenar bättre förutsättningar för att ta in och sprida vatten i regnbädden. Källa: Egen illustration

4 Dimensionering av regnbäddar

Som framgick i tabell 8 beräknas 75 % av ytan att bidra till avrinningen. Baserat på den genomsnittliga årsnederbörden på 600 mm blir den ackumulerade regnvolymer per år över ytan 4 308 000 liter varav 3 231 000 liter avrinner med hjälp av VA-systemet.

4.1 Regnenvelopmetoden

Regnbäddarnas förmåga att hantera regnvatten varierar beroende på vilken data jag sätter in i modellen för regnenvelopmetoden. Olika dimensioneringar av regnbäddarna och olika val av jordarnas hydrauliska konduktivitet förändrar estimaten. I min modell har jag använt följande förutsättningar:

Jordens porositet:	50%
Djup på växtjordslagret:	0,8 meter
Klimatfaktor:	1,2
Avtappningstid:	10 minuter
Biofiltrets översvämningshöjd:	Varierar (0,2 eller 0,3)
Hydraulisk konduktivitet:	Varierar (0,075 eller 0,3)

Indatan för blockregn kommer från Svenskt Vatten AB (2016, s. 130) enligt tabell 1 (sidan 7) och metoden för beräkning är Regnenvelopmetoden med exkludering för exinfiltration. Beräkningarna har gjorts i Microsoft Excel.

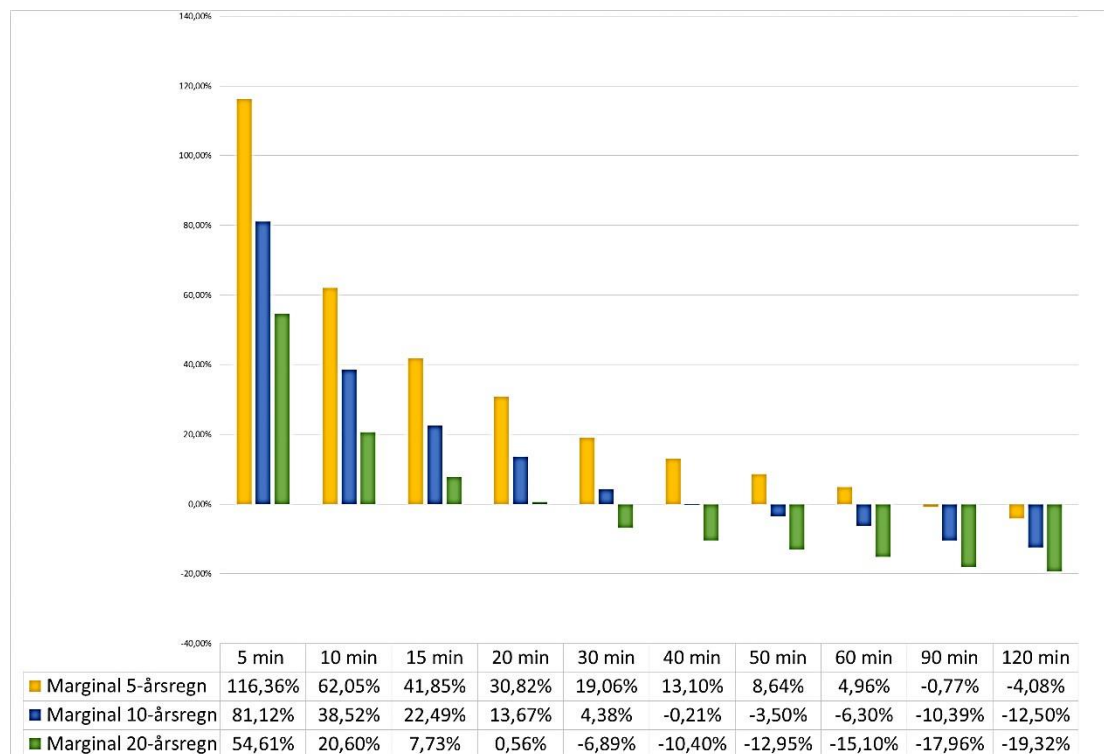
4.1.1 Beräkning ett:

Biofiltrets översvämningshöjd: 0,2 meter

Hydraulisk konduktivitet: 0,075 m/h

Regnbäddarnas area: 720 m² (10% av avvattningsområdet)

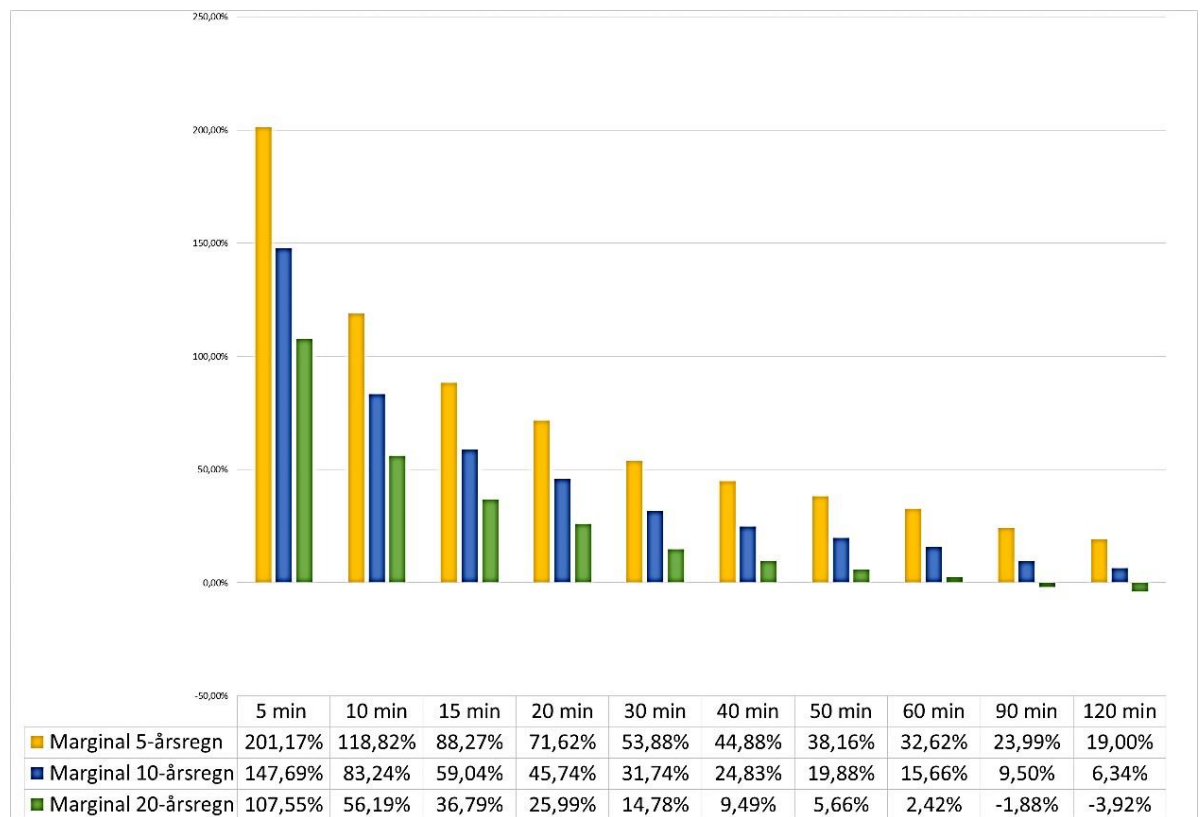
Resultat: Figur 54.



Figur 54. Med en låg hydraulisk konduktivitet och låg översvämningshöjd beräknas regnbäddarna klara regn enligt ovan.

4.1.2 Beräkning två:

Biofiltrets översvämningshöjd: 0,3 meter
 Hydraulisk konduktivitet: 0,075 m/h
 Regnbäddarnas area: 720 m² (10% av avvattningsområdet)
 Resultat: Figur 55.



Figur 55. Med en låg hydraulisk konduktivitet men större översvämningshöjd beräknas regnbäddarna klara regn betydligt bättre än i beräkning ett.

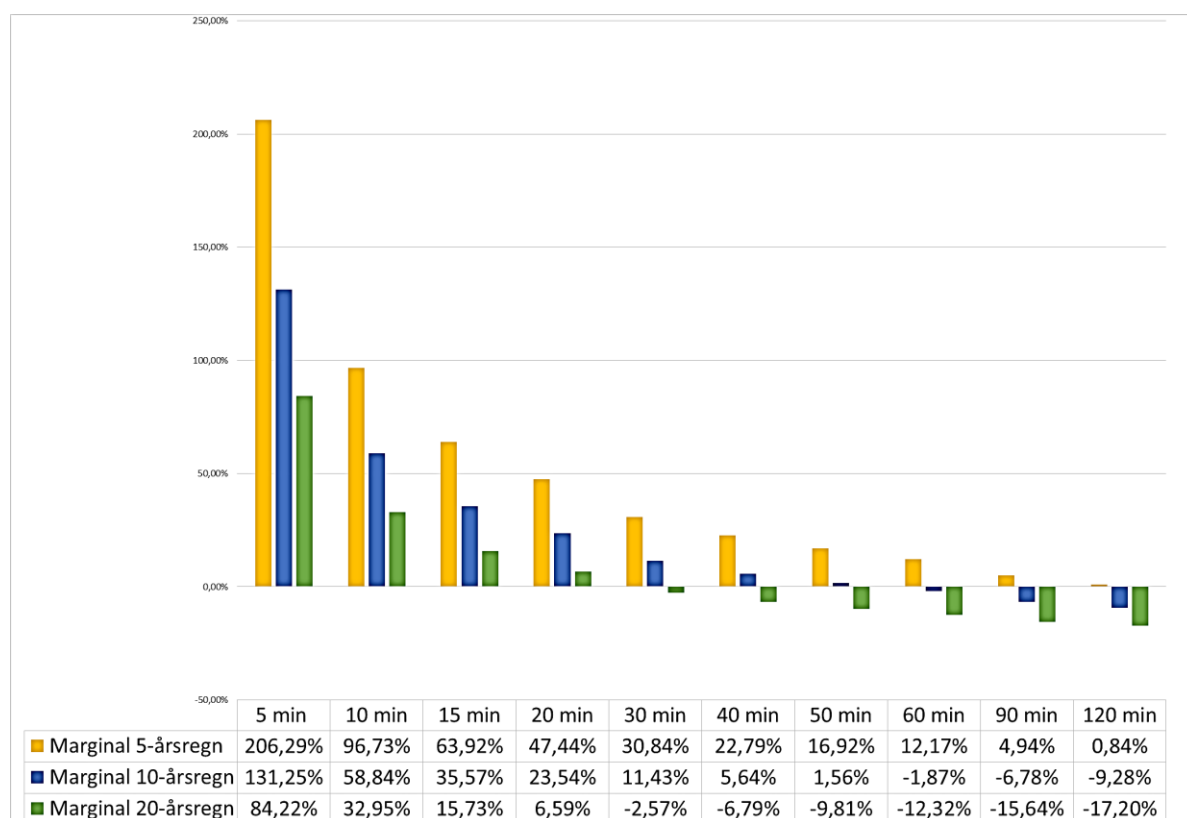
4.1.3 Beräkning tre:

Biofiltrets översvämningshöjd: 0,2 meter

Hydraulisk konduktivitet: 0,3 m/h

Regnbäddarnas area: 720 m² (10% av avvattningsområdet)

Resultat: Figur 56.



Figur 56. Med en hög hydraulisk konduktivitet och låg översvämningshöjd beräknas regnbäddarna klara regn bättre än de gjorde i beräkning ett där den hydrauliska konduktiviteten var lägre.

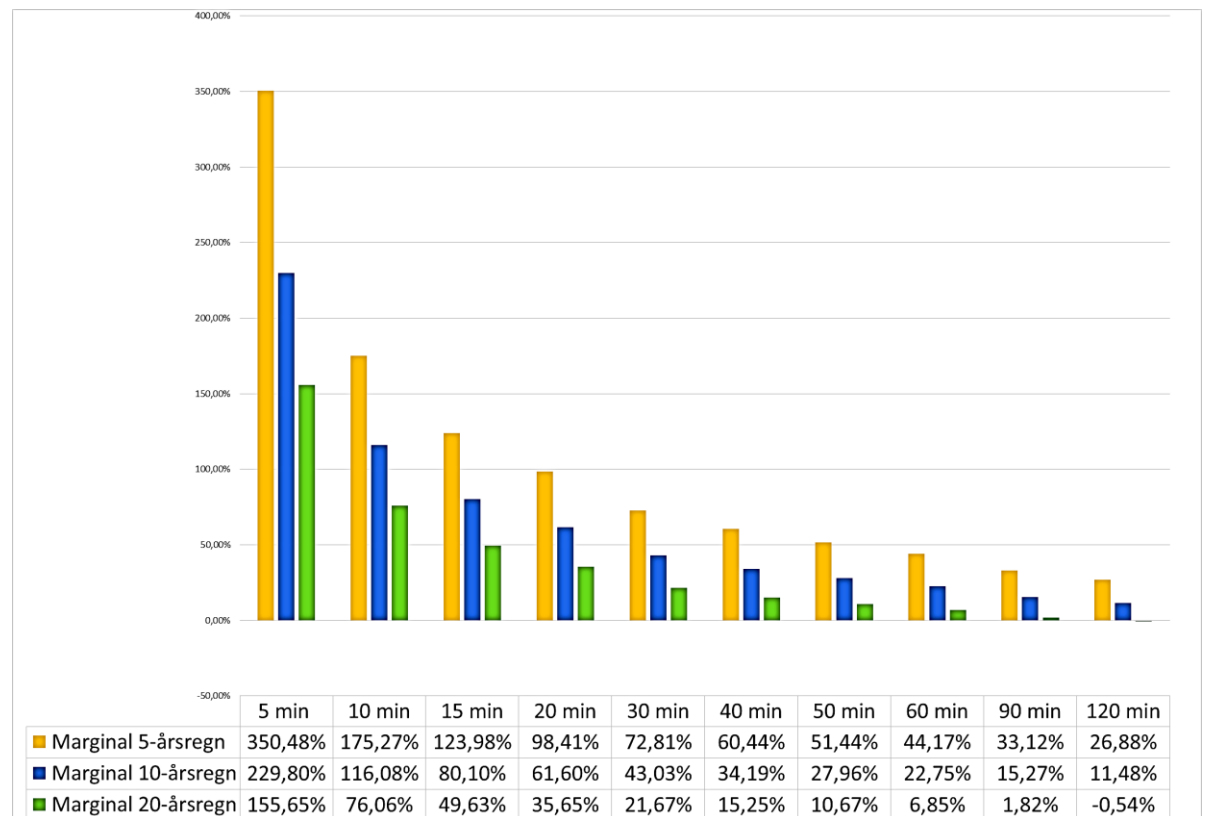
4.1.4 Beräkning fyra:

Biofiltrets översvämningshöjd: 0,3 meter

Hydraulisk konduktivitet: 0,3 m/h

Regnbäddarnas area: 720 m² (10% av avvattningsområdet)

Resultat: Figur 57.



Figur 57. Med en hög hydraulisk konduktivitet och hög översvämningshöjd beräknas regnbäddarna klara regn bättre än regnbäddarna med samma översvämningshöjd men sämre hydrauliska konduktivitet.

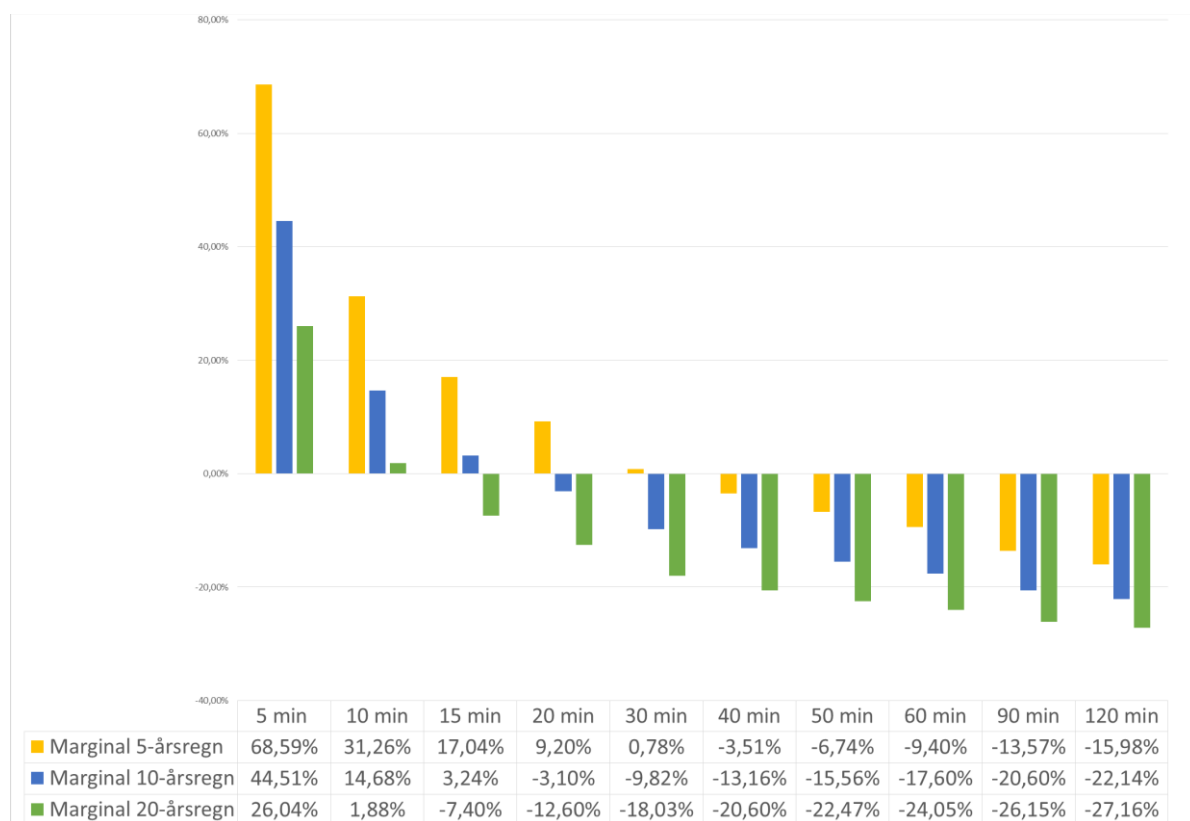
4.1.5 Beräkning fem:

Biofiltrets översvämningshöjd: 0,3 meter

Hydraulisk konduktivitet: 0,3 m/h

Regnbäddarnas area: 360 m² (5% av avvattningsområdet)

Resultat: Figur 58.



Figur 58. Med en hög hydraulisk konduktivitet och hög översvämningshöjd men halverad regnbäddsarea beräknas regnbäddarna klara betydligt mindre volymer än i övriga exempel.

4.2 Dimensionering av regnbäddar med LAR-Potentiale

I verktyget för LAR-potentiale har jag satt in följande data:

Total yta för regnbäddar:	10% av avvattningsområdet fördelat på sex regnbäddar a 120 m ² per regnbädd
Djup på växtbädden:	1 meter
Hydraulisk konduktivitet:	Varierar (1,E-2 (sand) till 1,E-7 (silt) m/s)

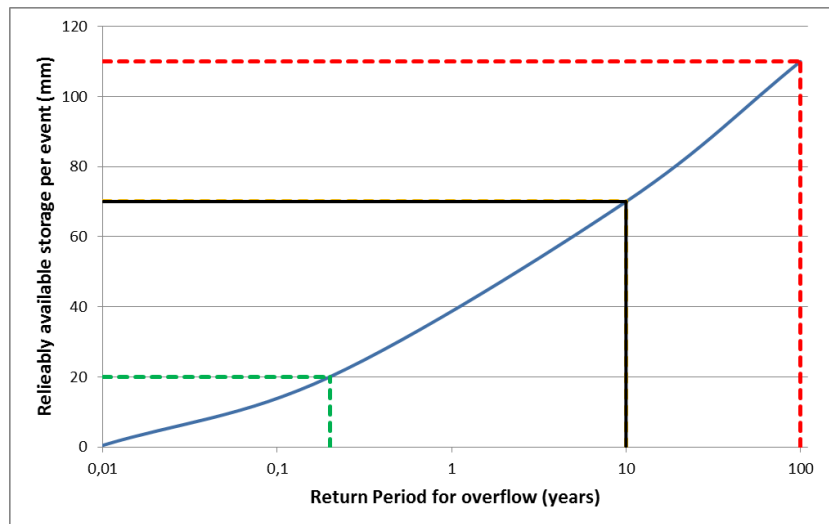
4.2.1 Beräkning ett:

Djup på växtbädden: 100cm

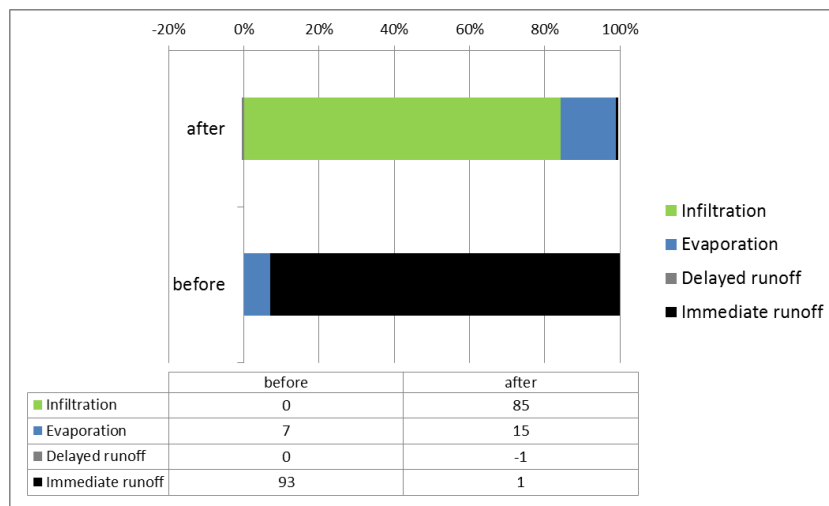
Hydraulisk konduktivitet: 1, E-2 m/s

Samlad areal för växtbäddar: 720 m²

Resultat: Figur 59 och 60.



Figur 59. Regnbädden beräknas klara 10-årsregn



Figur 60. Ökad infiltration och minskad direkt avrinning.

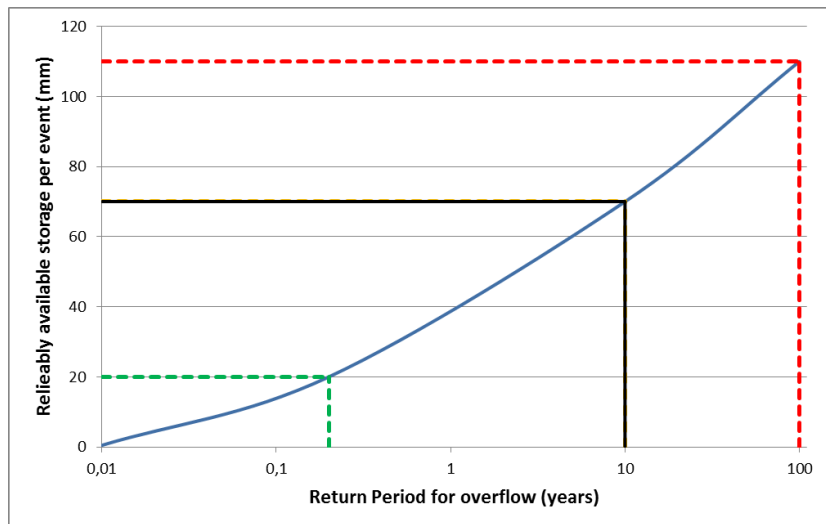
4.2.2 Beräkning två:

Djup på växtbädden: 100cm

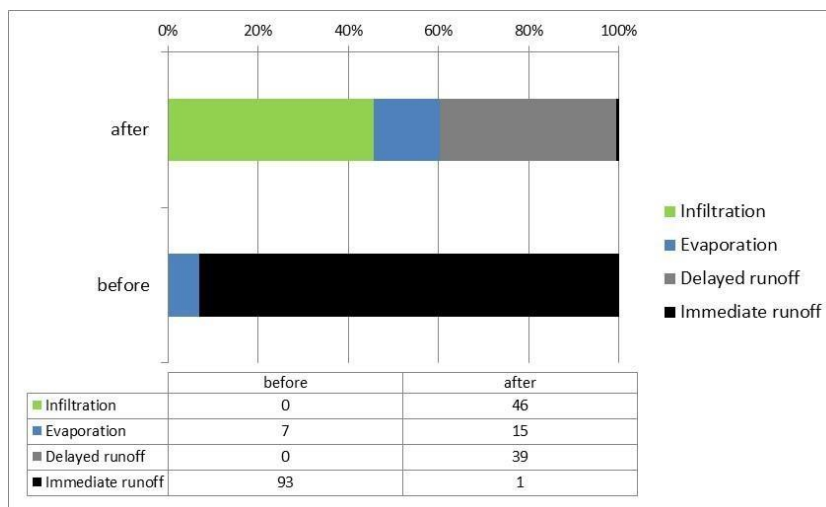
Hydraulisk konduktivitet: 1, E-7 m/s

Samlad areal för växtbäddar: 720 m²

Resultat: Figur 61 och 62.



Figur 61. Ändrad hydraulisk konduktivitet förändrade kvoterna mellan infiltration och avrinning.



Figur 62. Minskad infiltration jämfört med beräkning ett.

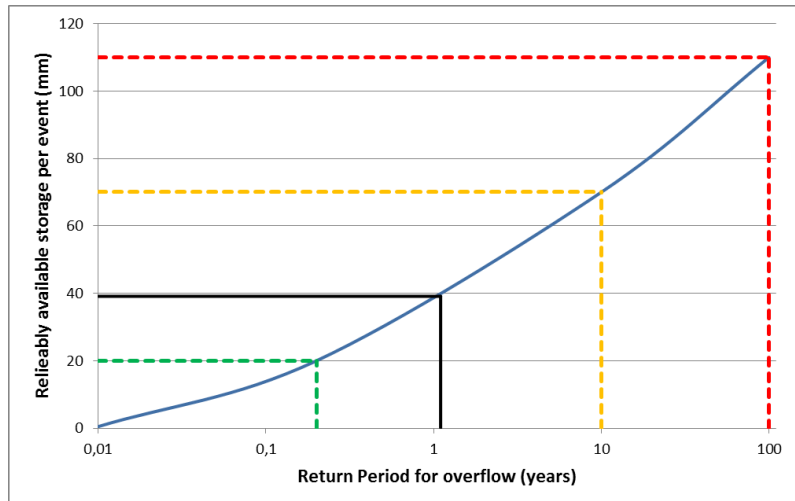
4.2.3 Beräkning tre:

Djup på växtbädden: 100 cm

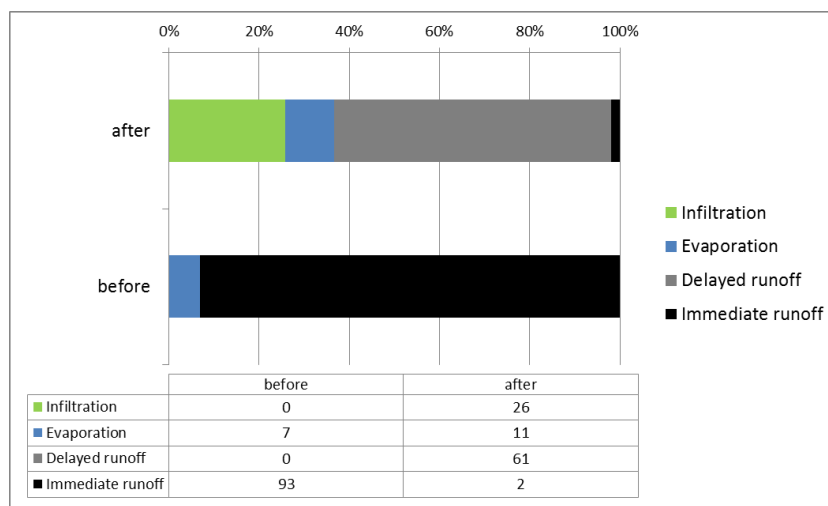
Hydraulisk konduktivitet: $1, \text{E-7 m/s}$

Samlad areal för växtbäddar: 360 m^2

Resultat: Figur 63 och 64.



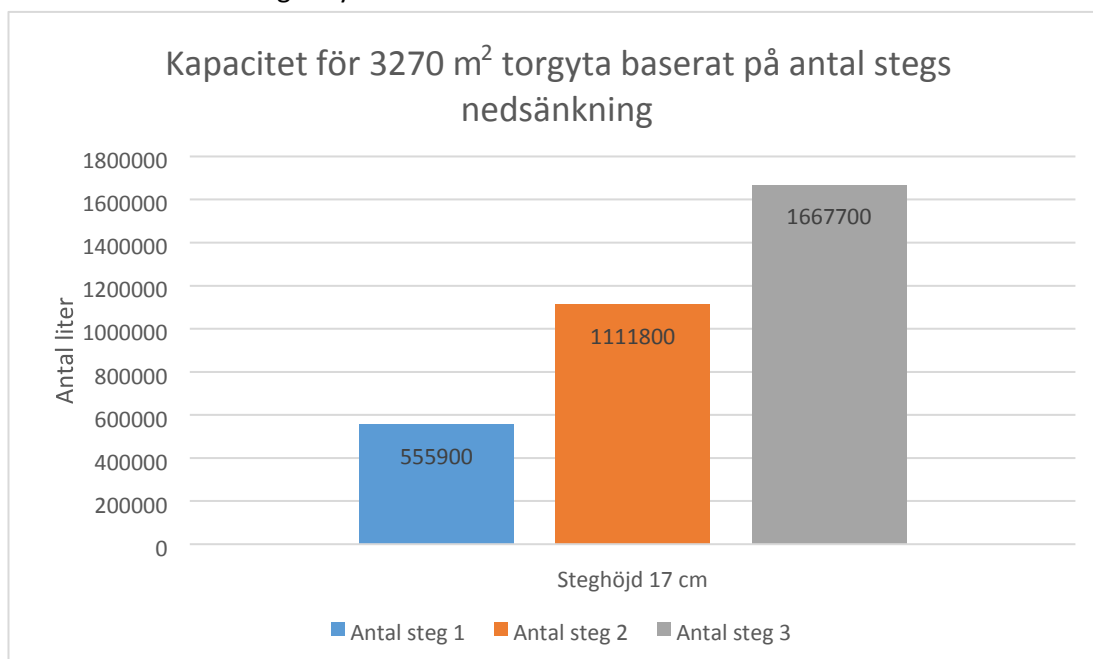
Figur 63. Minskad växtbäddsvolym kan radikalt minskad kapacitet.



Figur 64. Även om kapaciteten att ta hand om lite större regn minskade så är ändå kapaciteten att fördröja vatten god vid små regn.

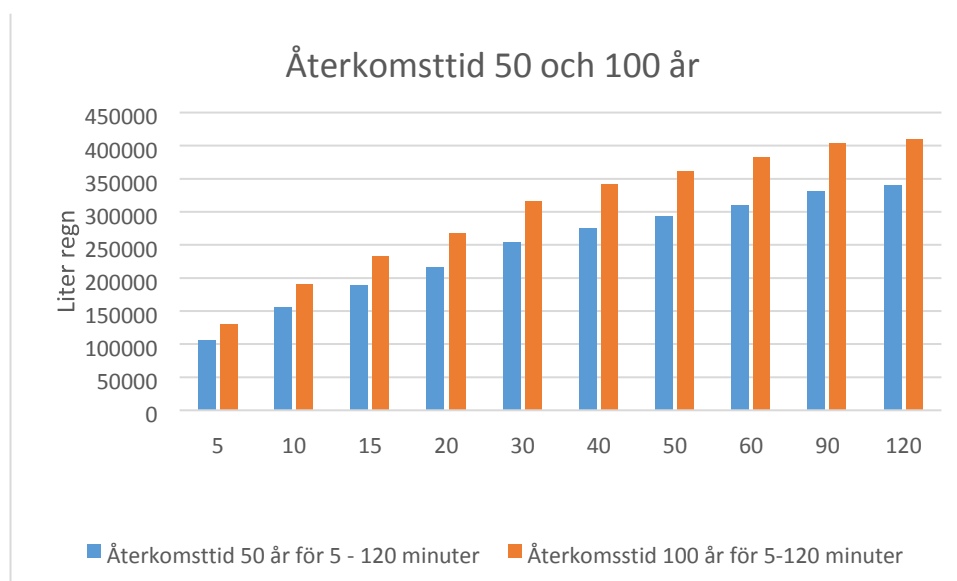
4.3 Beräkning av kapacitet som översvämningszon vid extremregn

Torgytan är 3270 m². Baserat på 1, 2 och 3 stegs nedsänkning med en steghöjd på 17 centimeter får torgytan kapaciteter som översvämningszon enligt figur 65. De beräknade volymerna tar inte hänsyn till den volym som steg, ramper och andra torgelement skulle reducera översvämningsvolymen med.



Figur 65. Torgytans kapacitet som översvämningszon i antal liter med ett, två och tre stegs nedsänkning.

Om hela ytan bidrar till avrinningen och vi bortser från evaporation, avrinning och infiltration genererar vårt avvattningsområde regnvolymer vid 50- och 100-årsregn enligt figur 66.



Figur 66. Regnvolymer genererade vid 50- och 100-årsregn som varar mellan 5 - 120 minuter.

Med full avrinning till vår översvämningsyta (avrinningskoefficient 1,0) och utan avrinning eller avdunstning ifrån vår yta tar den med intensiteten för ett 100-årsregn med varaktigheten 120 minuter följande tid att fylla:

Ett stegs nedsänkt torg: 2,7 timmar

Två stegs nedsänkt torg: 5,4 timmar

Tre stegs nedsänkt torg: 8,1 timmar

Med ett regn med återkomsttid 100 år och varaktigheten 120 minuter, avrinningskoefficient 1,0, ingen avdunstning och ingen avrinning har en översvämningszon av vår storlek följande kapaciteter för avrinningsområdets storlek:

Ett stegs nedsänkt torg: 0,97 hektar

Två stegs nedsänkt torg: 1,94 hektar

Tre stegs nedsänkt torg: 2,92 hektar

4.4 Generella kommentarer till beräkningarna

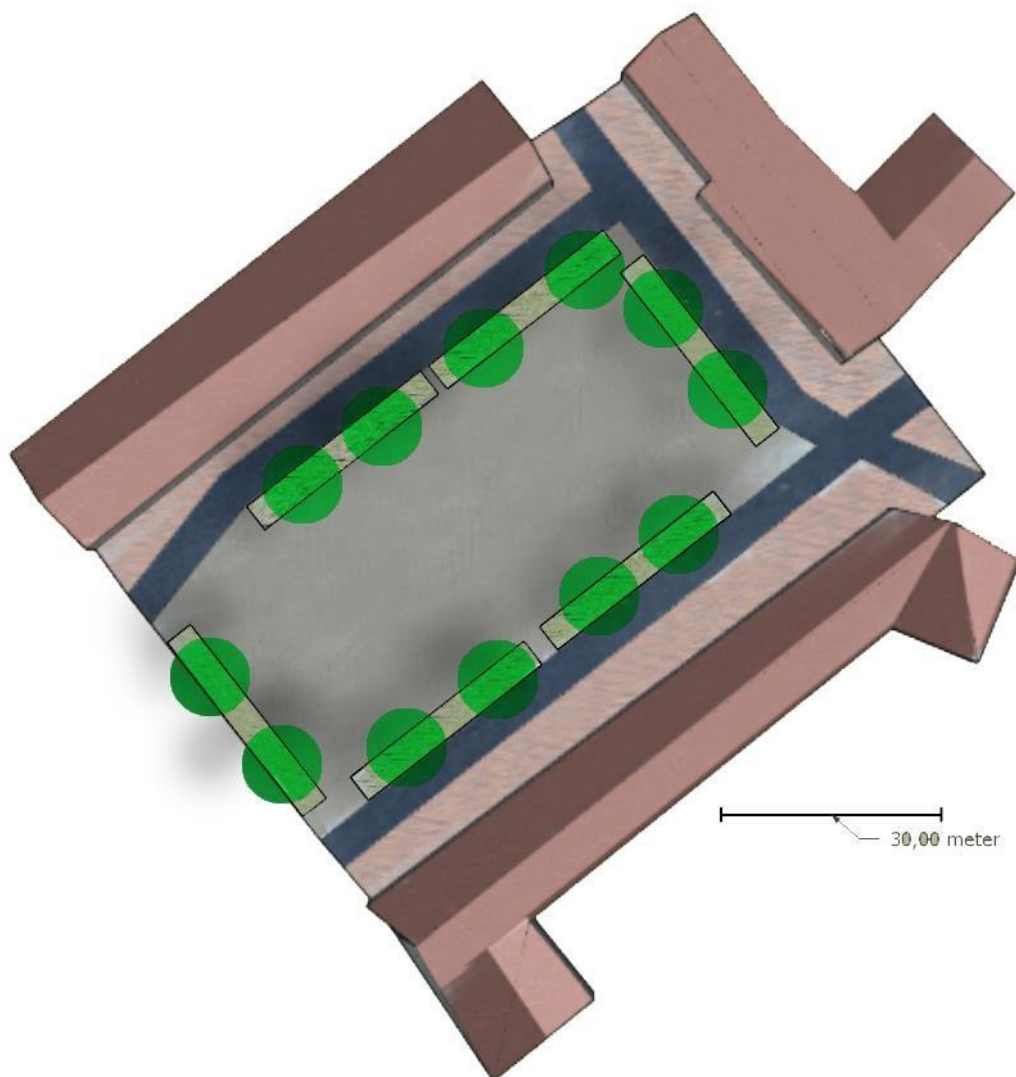
Beräkningarna stödjer det vi funnit under litteraturstudierna att regnbäddarna har god kapacitet att klara regn med återkomsttider på upp till 10 år. Viktigast för avrinningen var utöver regnbäddarnas volym relationen mellan regnbäddarnas yta och avvattningsområdet. Därefter översvämningshöjden i regnbädden och sist den hydrauliska konduktiviteten.

Vad gäller dimensionering av de rör som styr tömningstiden för den multifunktionella ytan har jag inte räknat på olika förslag. Desto mindre tömningskapacitet, desto längre fördröjning och avlastning av VA-systemen. Det står klart att torget, beroende på grad av nedsänkning, kan klara av att avvattna områden betydligt större än avvattningsområdet för lösningen.

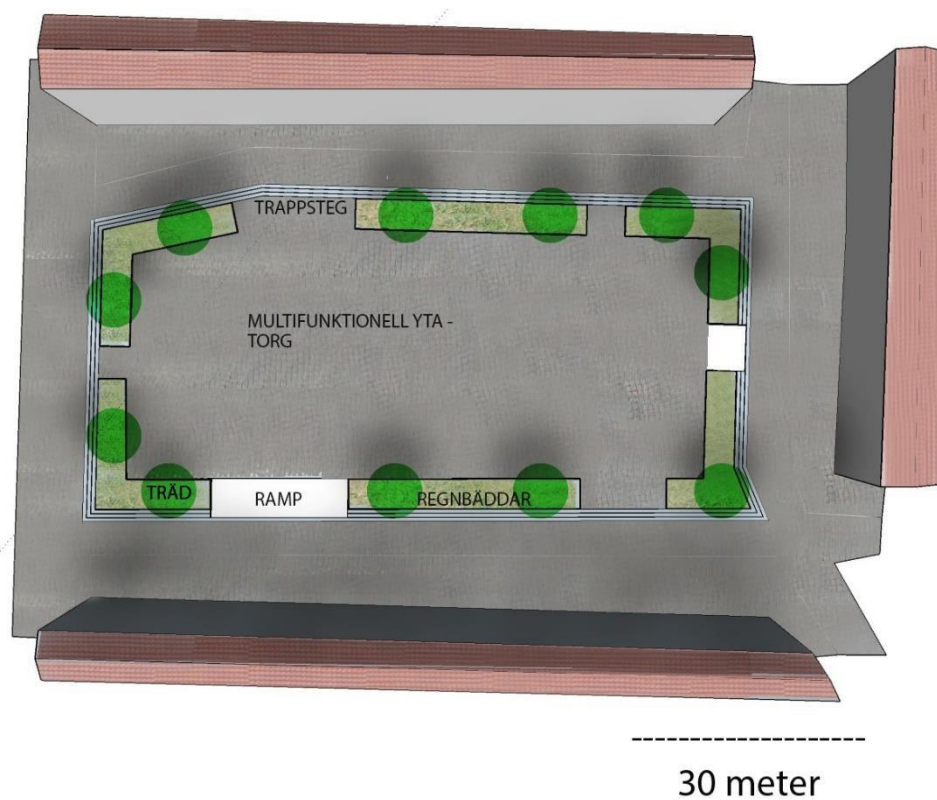
5 Lösningsförslag och illustrationer

5.1 Plan

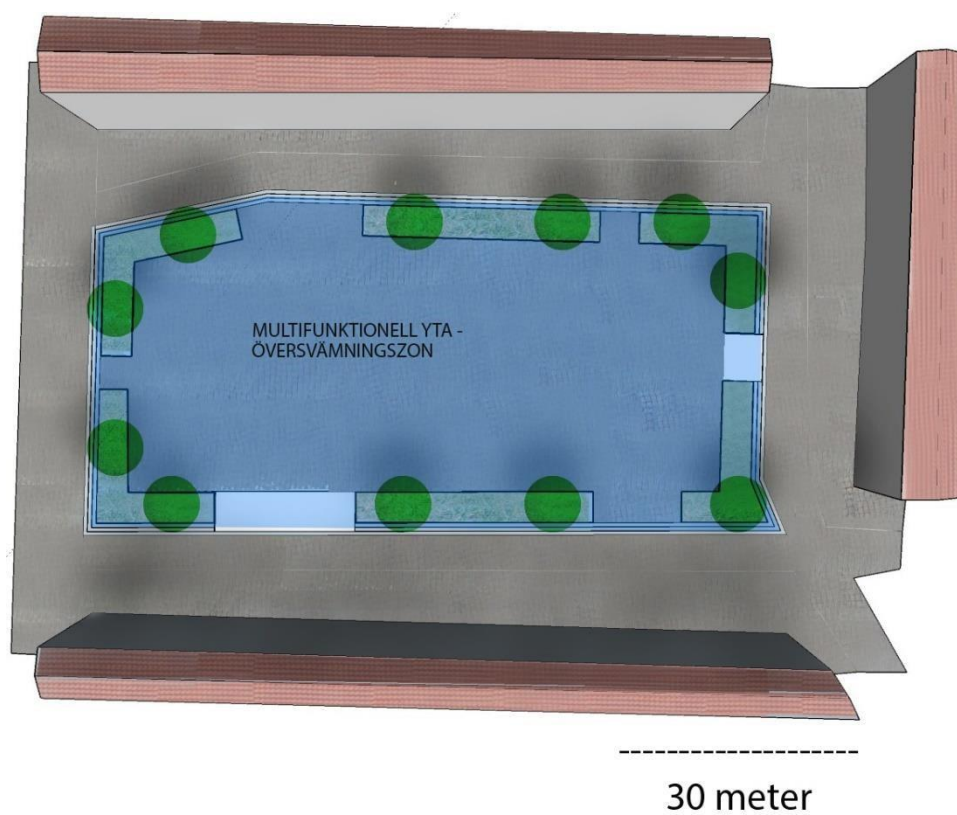
Om torget skulle projekteras med regnbäddar som ungefärligt följde dagens planteringsstruktur skulle en 10%-ig regnbäddstäckning för avvattningsytan se ut enligt figur 67. För projektering med nedsänkt torgyta, se figur 68-69.



Figur 67. 720 kvadratmeter regnbäddar på ett avvattningsområde om 7180 kvadratmeter. Källa: Egen illustration



Figur 68. Exempel på alternativ lösning med regnbäddar och torrlagd multifunktionell yta. Källa: egen illustration



Figur 69. Exempel på lösning med blötlagd multifunktionell yta som avlastar VA-systemet från cirka 1,5 miljoner liter vatten med ett maxdjup på 51 centimeter. Källa: Egen illustration

5.2 Perspektiv

Figur 70 visar principen för torget ur perspektiv. En nedsänkt, avskärmad yta där dagvatten tas om hand lokalt i vackra planteringar.



Figur 70. Dagvatten tas om hand i regnbäddarna enligt ovan. Källa: Egen illustration

Takvatten kan transporteras till regnbäddarna genom stuprörsutkastare och rännor. Ytvattenrännan eller det förlängda stupröret kan anläggas under markytan för att inte dämpa tillgängligheten. Figur 71 visar befintlig lösning och figur 72 förslag på ny lösning.



Figur 71. Idag leds takvatten ner under marken. Foto taget 2017-04-10



Figur 72. Materialet ovanför rännan kan antingen lyftas bort eller så kan spolning ske genom att föra ner ett munstycke i rännan. Alternativt kan vatten ledas i rör under marken till växtbäddarna. Vattenflöde under markplan påverkar inte tillgängligheten negativt. Källa: Egen illustration.

Figur 73 och 74 visar befintligt torg och förslag på lösning.

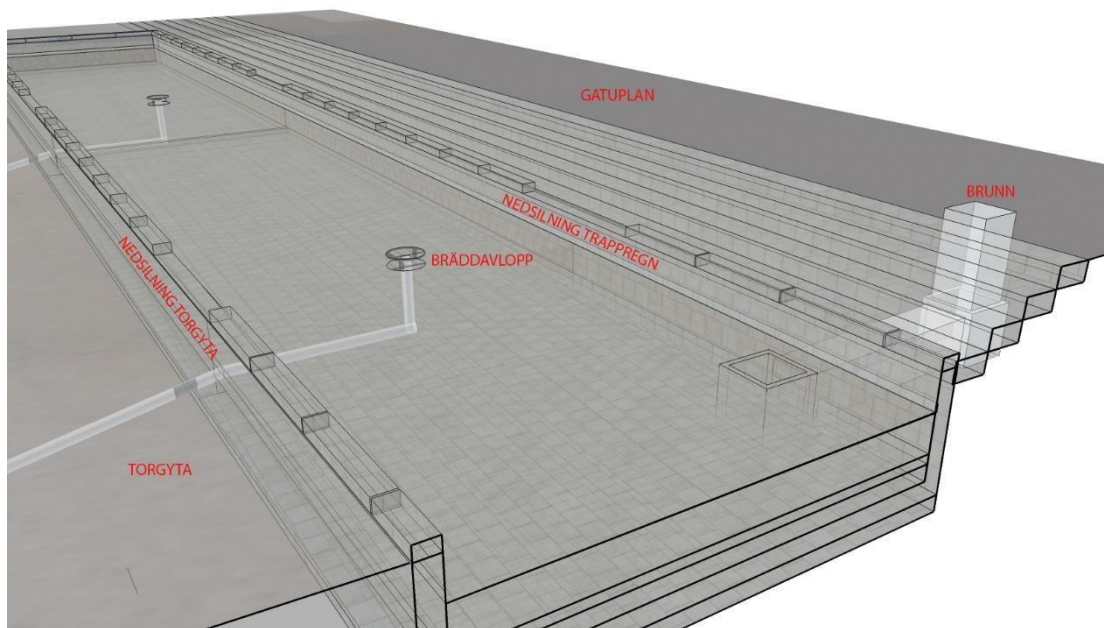


Figur 73. Befintligt torg. Foto taget 2017-04-10



Figur 74. Nedsänkt torg med tre trappsteg a 17 centimeter. Nedsänkningen är indragen och sparar ytterkanten av torgytan inklusive befintliga planteringar jämfört med räkneexempel. Källa: Egen illustration.

Figur 75 visar hur vatten kan ledas från gatuplan ner till regnbädd enligt samma princip som observerades vid brunnarna i Uppsala.



Figur 75. Exempel på hur vatten kan transporteras från gatuplan till regnbädd utan att trappstegen behöver blötläggas utöver det regn som faller rakt på trappan. Konstruktionen minskar risken för erosionsproblem i regnbädden jämfört med en lösning där vatten faller ner i regnbädden. Källa: Egen illustration.

Figur 76-78 visar illustrationer på torgets funktion som regnbädd och multifunktionell yta.



Figur 76. Exempel på hur torget skulle kunna se ut om även trädplanteringarna låg i regnbäddarna. Grön pil illustrerar vattnets väg in i regnbädden. Orange pil illustrerar brunnsplacering (enligt figur 75) för vatten som leds från området ovanför den nedsänkta ytan till regnbädden. Staket kan avskärma bilytan (asfalt) från trappkanten ned till regnbäddarna Källa: Egen illustration



Figur 77. Exempel där bilytan fått flytta på sig och gångtrafikantytan expanderat ända upp till husfasaden.
Källa: Egen illustration



Figur 78. Exempel på hur torgytan kan fyllas vid extrema regn. Källa: Egen illustration.

6 Diskussion

6.1 Frågeställningar

Hur kan en lösning för att fördröja och rena dagvatten vid vår Torgmiljö se ut?

Baserat på litteraturstudier och platsbesöken är slutsatsen att det inte finns några givna ramar för hur en lösning kan se ut. Både vad gäller form och kapacitet står vi fritt att utforma regnbäddar väl anpassade för den miljö de ska stå i. En förutsättning är naturligtvis att vi underkastar oss fysikens, kemins och biologins ramar och gör jord- och växtval som samspelar med de för regnbäddarnas efterfrågade funktionerna. Djupet på översvämningszonen påverkar hur mycket vatten regnbädden kan fördröja som ännu inte hunnit infiltrera jorden. Med en grundare översvämningszon minskar regnbäddens kapacitet att fördröja.

Hur stora volymer kan lösningarna hantera, både mätt i absolut volym och som regn med varaktighet och återkomsttid?

Vad gäller volymer som regnbäddarna kan hantera så visar de erfarenheter som finns från andra länder i kombination med beräkningar att en meterdjup regnbädd med areal på 5-10% av avrinningsområdet bör kunna hantera 10-årsregn, lite beroende på vilket typ av 10-årsregn vi diskuterar (sett till varaktighet). Eftersom de flesta regnen har konstaterats vara volymmässigt små kan vi konstatera att en regnbädd kan avlasta VA-systemen för majoriteten av regnen som inträffar under ett år.

Vad gäller de extremregn som exempelvis i Malmö 2014 skapat stora översvämnings kan hoppet inte sättas till regnbäddar för att hantera dessa. Den samlade volymen är för liten och jordens infiltrationskapacitet begränsar hur snabbt vatten kan infiltrera. Däremot kan den samlade volymen av en stads regnbäddar erbjuda företräde till VA-systemet åt det vatten som har en direkt avrinning, så även om regnbäddar inte hindrar extrema översvämnings så kan de ha en fördröjande och avlastande kapacitet i avrinningen som möjliggör snabbare avrinning från andra kritiska platser.

Vad gäller multifunktionella ytor anser jag att det är mycket spännande som komplement till regnbäddarna och VA-systemen vid extrema väder. Här finns möjlighet att designa stora delar av staden som tillfälliga vattenmagasin från vilka tömningshastigheten kan dimensioneras efter VA-kapacitet så att den avrinning som kommer från mer kritiska platser ges ett företräde. Andra platser som kan vara intressanta är fotbollsplaner, parkytor, bostadsgårdar och lekplatser. Även om det finns infrastruktur på exempelvis ett torg som kommer bli skadad om det används som översvämningszon så finns det stora fördelar i att polarisera problemen till riktade punkter samt att ge företräde till VA-systemen för vatten som avrinner från mer kritiska platser.

Vilka effekter innan- och utanför staden kan lösningarna ha för människor, infrastruktur, vattenkvalitet och biologisk mångfald?

Det går inte att säga med exakthet vilka effekter utanför staden som lösningarna kan ha för människor, infrastruktur, vattenkvalitet och biologisk mångfald. Dock står det klart att flera

positiva effekter finns. Infrastruktur som exempelvis finns nedströms en stad blir mindre sårbar om den samlade volym vatten som snabbt rinner av en stad vid ett extremt regn minskar. En långsammare avrinning från staden kommer svara mot de miljömål som finns om att vattendrag ska ha naturliga variationer i vattennivån. Minskade variationer leder också till att färre livsmiljöer påverkas av exempelvis erosion. Det står också klart att de flesta regn är små och att de flesta föroreningar som regnvattnet för med sig kommer ifrån s.k. "first flush", vilket innebär att de flesta föroreningar som regn för med sig kan hanteras i regnbäddarna. Det är oklart i vilken utsträckning regnbäddarnas renande effekt verkar och vilka skötselkrav som är en förutsättning. Det finns sällan en universallösning på alla problem men regnbäddar och multifunktionella ytor i staden kan bidra till fem av det åtta vattenmålen upptagna i kapitel två. Detsamma gäller innanför staden där även ökade förutsättningar för biologisk mångfald, mer estetiskt tilltalande stadsmiljöer och trevligare och behagligare livsmiljöer för människor kan adderas till listan över positiva effekter.

Regnbäddar kan ha en positiv effekt på stadsklimatet. Genom ett ökat omhändertagande av dagvatten på plats ökar evaporationen och transpirationen. Andelen hårdgjord yta som absorberar solenergi och avger värmestrålning minskar till förmån för vegetationstäckta ytor. Den totala mängden solenergi som når hårdgjorda markmaterial minskar även tack vare den skugga som träd i regnbäddar kan kasta.

Vilka faktorer påverkar regnbäddarnas kapacitet?

De faktorer som påverkar regnbäddarnas kapacitet är volymen och arean inklusive översvämningshöjden, typ av jord och dess skick, hur inloppen till regnbädden fungerar och hur avrinningen från regnbädden fungerar. I arbetet finns flera modeller beskrivna. Även klimatet, typ av vatten (exempelvis salt eller fullt av partiklar) som infiltrerar regnbädden och skötsel har en påverkan. Frysning kan hindra vatten från att kompaktera, salt kan förstöra jordstrukturen och skada eller döda vegetationen och kompaktering från människofötter kan begränsa infiltrationskapaciteten. I arbetet finns även exempel på hur otillräcklig skötsel stängt möjligheten för regnbädden att ta emot vatten via inloppet.

Regnbäddar bör projekteras med en större porstruktur för att ha en hög förmåga att släppa igenom vatten, exempelvis en sandbaserad växtjord. Detta är något som också gör de lämpligare än lerjordar vid platser där saltning förekommer. Detta eftersom saltet i en jord med en större porstruktur inte förstör jordens aggregat och lättare spolat ur än vad som är fallet med en tätare lerjord. Jag tror att effekterna av en för finkornig jord kan vara underskattade i de matematiska modellerna. En för finkornig jord kan bli så tät att infiltrationskapaciteten blir jättedålig eller obefintlig.

Vilka hinder och möjligheter finns för en lyckad dagvattenhanteringsimplementation?

Baserat på examensarbetet vill jag dela upp de hinder och möjligheter som finns för en lyckad dagvattenimplementation i både teoretiska kunskaper och praktiska moment. Vid Monbijougatan observerades att inloppen fungerade dåligt, inte var strategiskt placerade och var så få att om ett inte fungerade riskerade en stor andel av vattnet missa hela konstruktionen. Med undantag för placeringen och antalet så kan problemet med den dåliga infiltrationen in i regnbädden möjligtvis bero på en eller flera parter av beställare, projektör, anläggare, besiktningsman och skötselpersonal.

Vidare studier

Det finns flera intressanta uppslag för studier för att komplettera helhetsbilden om regnbäddar och multifunktionella ytor. En studie om eventuella effekter av att leda stora vattenmassor till ett torg och använda det som översvämningszon vore intressant för att lära sig mer om olika aspekter av lämpligheten i ett sådant förfarande. Det vore också intressant med exempel på hur en sådan avlastande lösning påverkar avrinningshastigheten ner i VA-systemen från andra platser där det inte anlagts ytor för fördröjande åtgärder. Vidare vore studier om regnbäddars renande funktion intressant för att fastslå hur mycket nytta de kan göra och hur den nyttan påverkas av olika skötselinsatser, vegetationsval och jordkompositioner. Litteraturstudierna fastslår att en genomsläpplig jord med större porer är nödvändig för infiltrationskapaciteten. Det skapar en miljö som kan vara både översvämmad och torrlagd. Noggrannare studier om vilka växter som passar för regnbäddar i våra klimat vore intressant. Att regnbädden stundtals är översvämmad och stundtals är torrlagd, samt att den utsätts för salt, gör att en strandnära plats vid havet låter som en möjlig inspirationskälla till växtvalet.

En vidare studie som besöket vid Monbijougatan aktualiserat är att spåra eventuella fel i regnbäddskonstruktioner bakåt genom att jämföra olika typer av handlingar och den konstruktion som skapats i verkligheten för att se var eventuella kunskapsluckor finns. Om exempelvis projektören ritat in en brunn som ligger två decimeter ovanför markytan men varken anläggaren eller besiktningsmannen är bekant med en sådan konstruktions syfte kanske risk föreligger att anläggaren tolkar det som en ritningsmiss och "gör som man alltid har gjort" och anlägger en brunn i marknivå som besiktningsmannen tycker ser godkänd ut. Eftersom regnbäddar är ett relativt nytt förfarande i Sverige finner jag det rimligt att sådana organisatoriska kommunikationsproblem förekommer och därför är ett rimligt studieobjekt.

Regnbäddar varierar mellan ett torrlagt tillstånd och ett översvämmat. Vid platsbesöken noterades flera olika konstruktioner för att leda vatten in i regnbäddarna. Utöver den praktiska aspekten, att regnet ska ledas från exempelvis gatan in i regnbädden, så finns det potentiellt nytta i att bättre förstå hur olika inlopp skapar olika förutsättningar för växtligheten. Regnbäddar bör designas med en genomsläpplig jord. Porstorleken påverkar jordens förmåga att transportera vatten i en kraft större än gravitationen och om en växtbädd bara har två inlopp på en sida jämfört med exempelvis sex så bör det rimligen påverka växternas möjlighet att tillgodogöra sig vatten eftersom den horisontella spridningen påverkas. Vegetationen bör också vara en intressant aspekt i dimensioneringsfrågan. Relativ storlek mot avrinningsområde och tid för tömning påverkar hur ofta regnbädden översvämmas och hur länge varje översvämning pågår, högst avgörande för växternas livsmiljö och därmed ett möjligt studieobjekt.

För den organisationsteoretiskt intresserade kan ett förslag på vidare studier vara att titta närmare på det förändringsarbete på politisk nivå och övrig relevant beslutsfattarnivå som regnbäddsimplicationer medför. Regnbäddar tar, beroende på placering, yta i gaturummet i anspråk från exempelvis bilar. En tolkning är att nytänkande konkurrerar med traditionellt tänkande i frågor som rör en så begränsad resurs som markyta.

Sist men inte minst vore ett intressant uppslag för vidare studier något som lyfter diskussionen kring hur hela platsen nyttjas. Idag tar bilparkeringarna upp en stor andel av

hela ytan mellan husen och torget och bilarnas närvaro kring torgmiljön påverkar uppfattningen av att röra sig på platsen. En vidare studie som lyfter fram olika gestaltungsförslag beroende på vilka intressenter man sätter i fokus för ytan vore aktuell.

Värmeö-effekten och stadsvegetationens roll för en stads energiförbrukning är också föremål för vidare studier som är korrelerade till regnbäddar och dagvattenhantering. Dels finns aspekter rörande energiförbrukning för nedkylning som ett resultat av en varmare stad, dels aspekter rörande energibesparing som ett resultat av en varmare stad.

6.2 Begränsningar i metodvalet

En brist i min metod är att omfattningen av studien begränsas av min egen ämneskunskap inom området. Horisonten för mitt eget kunskapsinhämtande är starkt präglad av min egen kunskap och den kunskap och de intressen som mina kunskapskällor har. Andra begränsningar i metodvalet är att beräkningarna är grovt förenklade och inte heller har effekten av de förenklingar som gjorts verifierats. Ytterligare en begränsning i metodvalet är att beräkningarna utgår ifrån ett statistiskt stadium men inte tar hänsyn till exempelvis jordars förändrade egenskaper över tid eller olika skötselscenarion. Jag anser inte att mina högst osäkra beräkningar är ett problem och jag tror inte att en ökad tidsallokering på beräkningsarbetet hade tagit mig närmare en förståelse för hur regnbäddar bör projekteras. Vid platsbesöket på Monbijougatan observerades exempelvis dåligt fungerande inlopp och översvämningsskydd vid markytan och en förståelse för den problematiken och att regnbäddar är objekt som måste skötas om är exempel som visar på problematiken att fokusera för mycket på optimal regnbäddsdimensionering och för lite på efterföljande projektrelaterade aktiviteter. Fördröjande funktioner i naturen har olika kapacitet och om vi ska få in många regnbäddar i en stadsmiljö får vi rimligen anpassa oss efter de ytor som står till buds vilket bör innebära att vi ibland har plats för en större regnbädd som klarar stora volymer och ibland får nöja oss med en mindre regnbädd med en mindre fördröjande förmåga.

En annan brist i min metod är att källorna ofta kommer ifrån parter som har egna intressen inom ämnesfältet. Exempel på dessa källor är personer som är yrkesverksamma inom branschen eller myndigheter som arbetar med problem inom branschen. Samtidigt som antaganden kan göras om att dessa källor är experter inom området så bör vi vara medvetna om de egenintressen som finns i att beskriva relevansen av ett problem eller fördelarna med en teknisk lösning. Enligt Alvesson & Skoldberg (2016, s. 28-29) kan vi människor bekräfta vår bild av verkligheten när vi konverserar med andra. Individer kan skapa en diskurs om vad en sanning är inom vissa kretsar och dessa sanningar kan bekräftas och förstärkas av institutioner som i sin tur påverkar individerna som påverkar institutionerna och sanningen förstärks. Det blir ett cirkelresonemang där hypoteser och sanningar förstärks inom ramen för samma verklighetsgrundande kontext. Med mer empirisk data om regnbäddars styrkor och svagheter i våra klimat skulle en mer tillförlitlig bild av regnbäddars för- och nackdelar som metod för regnhantering kunna beskrivas.

6.3 Avslutande reflektioner

Regnbäddar skapar nytta utöver den praktiska aspekten att underdimensionerade VA-system avlastas från dagvatten. Det samspelar med mål på flera områden såsom behagligare stadsklimat, starkare grön-blå strukturer för biologisk mångfald, mer estetiskt tilltalande städer och vattenkvalitet i recipienten. Den största utmaningen under examensarbetet var att hitta källor på hur regnbäddar fungerar i svenska klimat och det är det område som fokus bör prioriteras emot. Regnbäddarna är en relativt riskfri konstruktion ur ett dagvattenperspektiv eftersom överskottsvatten kan ledas genom översvämningsskydd och min uppfattning är att det är viktigare att bygga regnbäddar och därmed skaffa viktig erfarenhet kring hur de ska projekteras, anläggas och skötas, än vad det är viktigt att utreda regnbäddar ytterligare. Ett mervärde från att anlägga fler regnbäddar blir den ökade erfarenheten och igenkänningsgraden från beställare, projektörer, anläggare, allmänhet, besiktningsmän och skötselpersonal. Med en ökad marknad för regnbäddar kommer förhoppningsvis ett ökat utbud av standardiserade konstruktioner som gör lösningarna mer kostnadseffektiva. Med ett ökat antal regnbäddar kommer också kunskapen om skötsel och underhåll att öka och med ökad erfarenhet skapas underlag för att bättre prognostisera kostnadsbilden för hela regnbäddens livscykel. Just skötsel tror jag är en jätteviktig fråga, dels för funktionen, dels för allmänhetens acceptans och den politiska viljan att avsätta markyta till modellen.

Vad gäller placeringen tyder mycket på att regnbäddar är lämpliga att använda på platser där terrassen inte kan användas för infiltration och där tillräckligt många människor brukar platsen för att skötselkostnaden per capita ska vara rimlig. Vad som är rimligt är svårt att avgöra, men en möjlighet är att jämföra kostnaden för regnbäddar med kostnaden för andra planteringsytor. Ett exempel på en sådan plats är torg inne i staden där många människor rör sig och där avrinning inte kan förväntas avledas genom en förmodat hårt kompakterad terrass. Vid platsbesöket på Monbijougatan observerades en del skräp i regnbädden och att träden fått stödbevattning. Regnbädden kan antas vara en skötselintensiv plats och jag utgår ifrån att det är viktigt att regnbäddarna gör ett gott intryck på allmänheten. Vad gäller platser där infiltration kan ske genom marken, exempelvis vid en stor park eller längs en landsväg, så tycker jag att andra konstruktioner än regnbäddar, där avrinning sker genom att infiltrera terrassen, är lämpligare, om inte så är olämpligt på grund av föroreningsrisk.

Möjligheterna med regnbäddar är vidare ett intressant inslag i förtätningsdebatten. Med en tätare stad bör rimligtvis behovet av regnbäddar öka eftersom andelen hårdgjorda ytor som genererar avrinning och som bidrar till värmeö-effekten ökar. Med en ökad exploateringsgrad i staden så blir även antalet objekt som skadas av översvämningar större, vilket bör öka behovet för regnbäddar och multifunktionella ytor. Samtidigt kan antas att incitamenten att anlägga och sköta estetiskt tilltalande regnbäddar ökar i den täta staden jämfört med den glesa. Med en större andel människor som går och cyklar jämfört med att åka bil så ökar tiden som människan spenderar i stadsrummet och med fler människor per ytenhet blir skötsel- och anläggningskostnaden för regnbädden per person lägre än i den glesa bilberoende staden.

För alla som jobbar inom samhällsbyggnad, inklusive min egen framtida yrkesroll, ser jag stor nytta med ökade kunskaper kring olika metoder för dagvattenhantering. En utmaning som jag tror vi alla brottas med i branschen är att räkna på värdet av lösningarna eftersom de

positiva effekterna av exempelvis grönstrukturer sträcker sig över många svårömråden såsom ekosystemtjänster och folkhälsa. Framförallt tror jag att störst möjlighet för att implementera olika typer av lösningar för dagvattenhantering finns i områden som nyprojekteras. Att göra om en befintlig tät stadsstruktur bär andra kostnader och utmaningar än nya projekt!

7 Referenser

- Alvesson, M., & Skoldberg, K. (2009). *Reflexive Methodology. New Vistas for Qualitative Research*. London: SAGE Publications Ltd.
- Andersson, M. *Försvunna Malmö - St Knuts Torg*. Hämtat från Sydsvenskan. Tillgänglig: <https://blogg.sydsvenskan.se/forsvunnamalmo/tag/st-knuts-torg/>, [2017-03-28]
- Arnell, V. (1980). *Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. Geohydrologiska forskningsgruppen.
- Ashman, M. R., & Puri, G. (2002). *Essential soil science*. Singapore: Blackwell Publishing.
- Boverket. (2010). *Låt staden grönska. Klimatanpassning genom grönskastruktur*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2016). *Rätt tätt. En idéskrift om förtätning av städer och orter*. Karlskrona: Boverket.
- Carlowicz, M. *Ecosystem, Vegetation Affect Intensity of Urban Heat Island Effect*. (2009) Hämtat från NASA. National Aeronautics and Space Administration: Tillgänglig: https://www.nasa.gov/mission_pages/terra/news/heat-islands.html, [2017-05-02]
- Deak Sjöman, J., Sjöman, H., & Johansson, E. (2015). Staden som växtplats. i H. Sjöman, & J. Slagstedt, *Träd i urbana landskap*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Delshamar, T., & Fors, H. (2010). *Gröna och blå strukturer för en hållbar stadsutveckling*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap.
- Fridell, K., & Jergmo, F. (2015). Regnbäddar - biofilter för behandling av dagvatten. *Movium fakta #2*.
- Gikas, G., & Tsihrintzis, V. (2012). Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *Journal of Hydrology*, Vol. 466-467 pp. 115-126.
- Havs- och vattenmyndigheten (2017). *Levande sjöar och vattendrag*. Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljomal--direktiv/det-svenskamiljomalssystemet/levande-sjoar-och-vattendrag.html>, [2017-04-04]
- Lantmäteriet (uå). *Fastighetskartan Raster*, fastRast3006_6162816_374554.tif, Tillgänglig 2017-05-31
- Lerer, S., Abrahamsen Vester, M., Danielsen Sørup, H., Arnbjerg-Nielsen, K., & Steen Mikkelsen, P. (December 2015 nr 4.). Værktøj til vurdering af LAR-potentiale. *LAR Potentiale*, 127-130.
- Lindfors, T., Bodin-Sköld, H., & Larm, T. (2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer. Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer*. Stockholm: Vinnova.
- Lindgren, E., Aalbiörn, A., Andersson, Y., Forsberg, B., Olsson, G., & Joacim, R. (den 08 07 2008). Ändrat klimat får konsekvenser för hälsoläget i Sverige. *Läkartidningen nr 28-29 2008 volym 105*, ss. 2018-2019.
- Malmö Stad, *Nederbörd (2017)*. Tillgänglig: <http://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimat-ochvaderstatistik/nederbord/>, [2017-04-18]
- MSB. (2013). *Pluviala översvämningar. Konsekvenser vid skyfall över tätorter. En kunskapsöversikt*. Göteborg & Lund: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB. (2016). *Nederbörd och översvämningar i framtidens Sverige*. Göteborg: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Persson, A. S., & Smith, H. G. (2014). *Biologisk mångfald i urbana miljöer. -Förutsättningar, fördelar, förvaltning*. Lund: Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet.

- Persson, J., Fridell, K., Gustafsson, E.-L., & Englund, J.-E. (2014). *Att räkna på vatten - en formelsamling för landskapsingenjörer*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning.
- Pirard, J., & Alm, H. (2014). *Dagvattenhantering. En exempelsamling*. Uppsala: Uppsala Vatten.
- Skog, D. *Regnet kommer - nu!* Tillgänglig: <http://hallbarstad.se/kronikor-om-hallbarhet/regnetkommer-nu/>, [2017-04-09]
- Sjöman, H & Slagstedt, J. (2015). *Träd i urbana landskap*. Lund. Studentlitteratur AB.
- SMHI. *Häftigare skyfall i framtida klimat (2017a)*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/haftigare-skyfall-i-framtida-klimat-1.32213>, [2017-04-14]
- SMHI. *Klimatindikator - nederbörd (2017b)* . Tillgänglig: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/klimatindikator-nederbord-1.2887>, [2017-04-12]
- SMHI. *Normal uppmätt årsnederbörd, medelvärde 1961-1990 (2017c)*. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/normal-uppmatt-arsnederbordmedelvarde-1961-1990-1.4160>, [2017-04-14]
- SMHI. *Regn (2015)* :Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/regn-1.648>, [2017-04-04]
- Svenskt vatten AB. (2011). *P105. Hållbar dag- och dränvattenhantering. Råd vid planering och utformning*. Stockholm: Litografia Alfaprint AB§.
- Svenskt Vatten AB. (2016). *P110. Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. Stockholm: åtta. 45 AB.